



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA

Internet 2: características, estado del arte y perspectivas futuras

Emmanuel Nuño Ortega, Luis Basañez Villaluenga

IOC-DT-P-2004-06
Abril 2004



Barcelona, España

30 de Enero de 2004



Reporte de trabajo de Investigación tutelado:

Internet 2¹



Emmanuel Nuño Ortega
DOCTORANDO

Tutor: Dr. Luís Basañez Villaluenga

¹ Trabajo financiado por CONACYT, Reg. 169003

Índice:

1- Objetivo	3
2- Introducción	3
3- Internet	
3.1- Historia	5
3.1.1- Inicios de Internet	5
3.1.2- Breve Cronología de Internet en España	7
3.2- Características de Internet	11
3.3- Arquitectura del Protocolo TCP/IP	11
3.3.1- Capa de Acceso a la Red	13
3.3.2- Capa de Internet	13
3.3.2.1- IP, Protocolo de Internet	14
a) El Datagrama	14
b) Direccionamiento	16
c) Transporte de datagramas a la Capa de Transporte	17
d) Fragmentación de Datagramas	17
3.3.3- Capa de Transporte	18
3.3.3.1- Protocolo de Datagrama de Usuario (UDP)	18
3.3.3.2- Protocolo de Control de Transmisión (TCP)	19
a) Multiplexaje	19
b) Conexión	20
c) Fiabilidad	20
d) Control de Flujo y Congestión	20
e) Segmento TCP	21
3.3.4- Capa de Aplicación y Protocolos	23
4- Decadencia en las Aplicaciones Científicas de Internet	25
5- Internet 2	26
5.1- Socios Corporativos	29
5.2- Miembros Corporativos	30
5.3- Backbone de I2	31
5.3.1- Redes Interconectadas con Abilene	32
5.3.1.1- GEANT	36
5.4- IPv6	39
6- Situación Actual; Aplicaciones de I2 y de IPv6	45
6.1- Internet 2 en Cataluña.	50
7- Conclusiones y Trabajo Futuro	52
8- Referencias	52

1- Objetivo

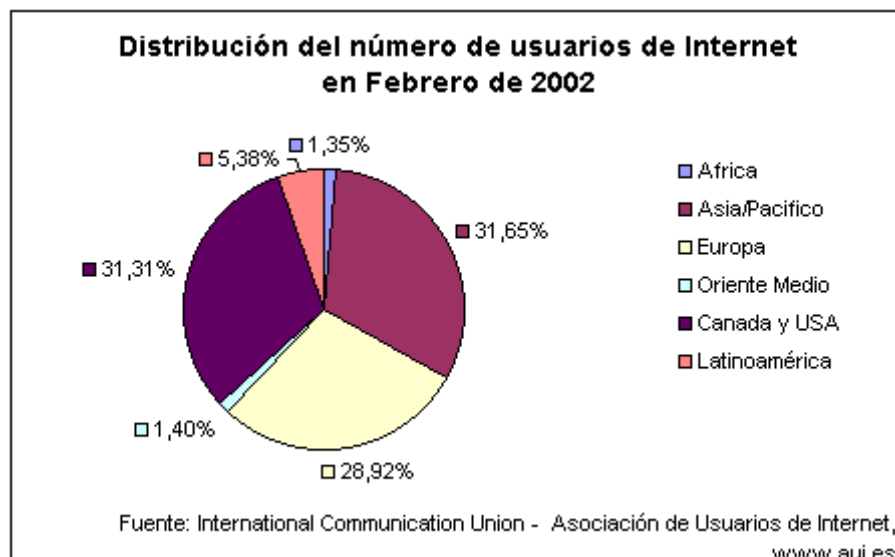
El objetivo fundamental de este trabajo es dar a conocer el estado del arte de Internet 2, diferencias con Internet, proyectos internacionales basados en Internet 2, así como una descripción detallada de su funcionamiento.

2- Introducción

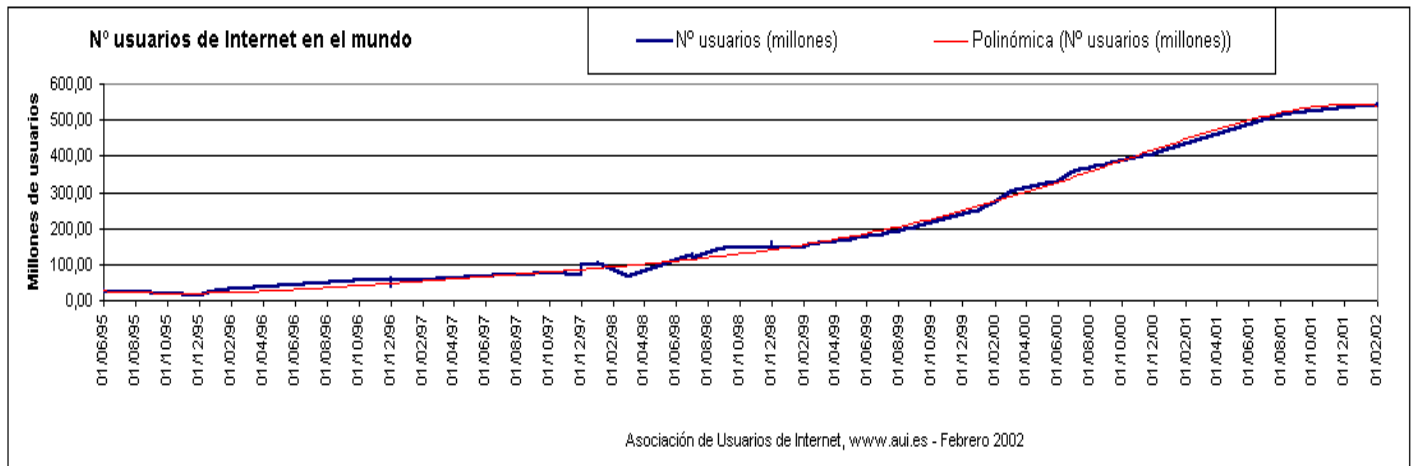
Internet ha supuesto una revolución sin precedentes en el mundo de la informática y de las comunicaciones, es un mecanismo de difusión mundial de información, así como un medio de colaboración e iteración entre los individuos y sus ordenadores independientemente de su ubicación geográfica.

Internet presenta un ejemplo evolutivo de investigación y desarrollo informático, donde se han visto involucrados el gobierno, la industria y los centros de investigación. Tal ejemplo comienza con la investigación de conmutación de paquetes en el MIT por J.C.R. Licklider [Barry, 97], en Agosto de 1962, introduciendo el nuevo concepto de Galactic Network (Red Galáctica), en 1973 se desarrollo el concepto de TCP/IP (Transmission Control Protocol/ Internet Protocol), y para 1985 Internet ya era una tecnología que ayudaba a una amplia comunidad de investigadores y desarrolladores a estar en contacto, y así se ha venido desarrollando hasta llegar a lo que hoy conocemos como Internet.

Internet se privatizó en 1987, dando lugar en pocos años a una congestión de información y comercial que dejaba sin capacidad de transmisión de datos a las universidades y centros de investigación para dar soporte a una investigación de alto nivel mundial. Las siguientes graficas² nos muestran este crecimiento y distribución de usuarios de Internet;



² www.aui.es



Cuando el termino Internet se hacia de uso común en los años 82 – 83, el protocolo TCP/IP (Transfer Control Protocol/ Internet Protocol) se adoptaba como estándar [Hunt, 02], los desarrolladores e investigadores de aquellos tiempos nunca pensaban en lo que Internet se convertiría de cara los próximos años, en 1987 se pensaba que este protocolo daría servicio a no mas de 100,000 redes en algún punto del futuro, en 1996 dejamos atrás esa marca. Este protocolo puede direccionar 4,294,967,296 host, sosteniendo cerca de 16 millones de redes en todo el mundo, hoy en día nos estamos quedando sin capacidad de direccionar, debido a que cada vez crece mas el numero de ordenadores y dispositivos que necesitan de una dirección para poder navegar por Internet, esta es solo una causa por la que se comenzó a emprender el camino hacia un nuevo protocolo y así , nace el nuevo protocolo IPv6, con una capacidad de direccionamiento de 128 bits, contra 32 de su antecesor, [Rao, 01] con esto podríamos tener provistos de direccionamiento a 6.5×10^{24} dispositivos por metro cuadrado conectados a I2 [Metz, 03].

Internet2 nace en 1996 como un proyecto creado por un grupo de 205 universidades que se unieron a socios empresariales y gubernamentales para acelerar conjuntamente la próxima etapa del desarrollo de Internet [1].

Los objetivos primordiales de Internet2 según [1];

- Crear una red que brinde las necesidades de comunicación de datos entre la comunidad científica internacional.
- Desarrollar nuevas aplicaciones que exploten el gran ancho de banda que brindara I2³.
- La transferencia de aplicaciones y servicios de la red a todos los niveles académicos de todos los usuarios de Internet.

Es importante darnos cuenta, además de la capacidad de direccionamiento, de que la diferencia de velocidad entre que proporciona I2 con respecto a Internet será de usar 100 Mbps con ADSL a 40 Gbps que ofrecerá la red GEANT [Metcalfe, 00], [GEANT, 03] lo cual posibilitará aplicaciones que cambiarán la forma en que la gente trabaja e interactúa por medio de los ordenadores. La teleinmersión tiene el potencial de cambiar significativamente el panorama educativo, científico e Industrial, dicho sistema permitiría a personas situadas en distintos lugares compartir el mismo entorno virtual, manipular datos, simulaciones, construcciones

³ I2 de ahora en adelante denotara Internet2.

físicas o económicas, y participar juntos en diversas tareas. Quizás las más apasionantes posibilidades son las que aun no imaginamos pero que se desarrollarán durante la vida del proyecto I2.

Además de que las redes de I2 serán mucho más rápidas, las aplicaciones que se desarrollen utilizarán todo un conjunto de herramientas de red que no existen actualmente. Por ejemplo, una de estas herramientas es conocida como garantía de calidad de servicio QoS (Quality of Service). Hoy toda la información que circula por la red recibe la misma prioridad, la implantación de QoS permitiría a las aplicaciones solicitar por sí mismas una cantidad determinada de ancho de banda o una prioridad específica. Esto permitiría que dos ordenadores que estuviesen procesando la misma aplicación como la teleinmersión [Hanss, 01] se pudiesen comunicar entre sí a la alta velocidad requerida para las interacciones en tiempo real. Al mismo tiempo, aplicaciones de red menos intensivas como la www necesitarían utilizar únicamente la velocidad necesaria para funcionar adecuadamente.

Debemos tener en cuenta que I2 no sustituirá los servicios actuales de Internet, los dos servicios coexistirán paralelamente, las instituciones conocidas hasta hoy seguirán utilizando los servicios Internet existentes para todo el tráfico de red que no se relacione con I2, Las organizaciones y personas seguirán utilizando los servicios Internet que hoy suministran los proveedores comerciales, tales como correo electrónico, World Wide Web y grupos de noticias. Internet2 proporcionará los medios para demostrar que la próxima generación de aplicaciones e ingeniería avanzadas de red pueden utilizarse para contribuir al progreso de las redes existentes.

En el transcurso de este trabajo podremos apreciar con más detalle todas estas especificaciones, así como veremos los proyectos que mas destacan en el ámbito internacional, nacional y regional.

3- Internet

3.1- Historia

3.1.1- Inicios de Internet.⁴

En los 60's, la RAND Corporation, consejera de seguridad de los Estados Unidos de Norteamérica, se encontró ante un problema ¿Cómo se podrían comunicar las autoridades norteamericanas tras una guerra nuclear?. La América posnuclear necesitaría una red enlazada de ciudad a ciudad, estado a estado, base a base. Aunque un ataque nuclear reduciría cualquier red imaginable a pedazos. Si esa red existiese ¿Cómo sería controlada? Ante un ataque cualquier núcleo de red centralizado sería un objetivo obvio para un misil enemigo. La RAND le dio muchas vueltas a este difícil asunto en secreto militar y llegó a una solución atrevida. La propuesta de la RAND se hizo pública en 1964. En primer lugar, la red no tendría autoridad central. Además, sería diseñada desde el principio para operar incluso hecha pedazos.

⁴ Esta sección esta basada en las siguientes referencias; [Sterling, 93], [Barry, 97], [Krol, 93].

Los principios eran simples. Todos los nodos en la red serían iguales entre sí, cada uno con la autoridad para crear, pasar y recibir mensajes. Los mensajes se dividirían en paquetes, cada paquete dirigido por separado. Cada paquete saldría de un nodo fuente específico y terminaría en un nodo destino. La ruta que tome cada paquete no tendría importancia. Solo contarían los resultados finales. Si grandes porciones de la red fueran destruidas eso simplemente no importaría; los paquetes permanecerían en la red en los nodos que hubieran sobrevivido.

Durante estos años este intrigante concepto de red caminó sin rumbo entre el RAND, el MIT (Masachussets Institute of Technology) y UCLA (University of California in Los Ángeles). El Laboratorio Nacional de Física (National Physical Laboratory) de Gran Bretaña preparó la primera red de prueba basada en estos principios en 1968. Poco después, la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada del Pentágono (ARPA) decidió financiar un proyecto más ambicioso en los Estados Unidos. Los nodos de la red iban a ser superordenadores de alta velocidad.

En el otoño de 1969 el primero de esos nodos fue instalado en UCLA. En diciembre de ese año había cuatro nodos en la pequeña red, que se llamó ARPANET. Los cuatro ordenadores podían transferir información sobre líneas dedicadas de alta velocidad. Gracias a ARPANET, científicos e investigadores podían compartir las facilidades de otros ordenadores en la distancia. En 1971 había quince nodos en ARPANET, en 1972 ya eran treinta y siete.

El estándar de comunicaciones de ARPA era conocido como NCP, "Network Control Protocol", pero según pasaba el tiempo y la técnica avanzaba, el NCP fue superado por un estándar de más alto nivel y más sofisticado conocido como TCP/IP. El TCP o "Trasmision Control Protocol," convierte los mensajes en un caudal de paquetes en el ordenador fuente y los reordena en el ordenador destino. El IP, o "Internet Protocol", maneja las direcciones comprobando que los paquetes caminan por múltiples nodos e incluso por múltiples redes.

En 1977, TCP/IP se usaba en otras redes para conectarse a ARPANET. ARPANET estuvo controlada muy estrictamente hasta al menos 1983, cuando su parte militar se desmembró de ella formando la red MILNET. Pero el TCP/IP las unía a todas. Según avanzaban los 70 y 80, era muy fácil conectar esas máquinas a la creciente red de redes que llegó a conocerse como "Internet".

En 1984 la Fundación Nacional para la Ciencia (National Science Foundation - NSF) entró en escena a través de su Oficina de Computación Científica Avanzada (Office of Advanced Scientific Computing). La nueva NSFNET supuso un paso muy importante en los avances técnicos conectando nuevas, más rápidas y potentes supercomputadoras a través de enlaces más amplios, rápidos, actualizados y expandidos según pasaban los años, 1986, 1988 y 1990. Otras agencias gubernamentales también se unieron: NASA, los Institutos Nacionales de la Salud (National Institutes of Health), El Departamento de Energía (Departament of Energy), cada uno manteniendo cierto poderío digital en la confederación Internet.

Los nodos de esta creciente red de redes se dividían en subdivisiones básicas. Los ordenadores extranjeros y unos pocos americanos eligieron ser denominados según su localización geográfica. Los otros fueron agrupados en los seis "dominios" básicos de Internet: gov, mil, edu, com, org y net. Gov, Mil y Edu definen al gobierno, militares e instituciones educativas, las cuales fueron, por supuesto, las pioneras de la ARPANET que comenzó como un experimento de alta tecnología en

seguridad nacional. Com, sin embargo, definía a instituciones "comerciales", y los .org sin ánimo de lucro, los .net servían como pasarelas entre redes.

ARPANET dejó de funcionar en 1989.

3.1.2- Breve Cronología de Internet en España. ⁵

En 1984 se pone en marcha el Plan Electrónico e Informático Nacional, también se crea la red FAENET (Física de Altas Energías Network). Un poco después en el 85 nace el proyecto de creación de la primera red autonómica por las Universidades andaluzas y la Dirección General de Universidades e Investigación de la Consejería de Educación y Ciencia de la Junta de Andalucía, denominada RICA, al mismo tiempo la FAENET interconecta las Universidades de Cantabria, Zaragoza, Autónoma de Barcelona, Autónoma de Madrid, Instituto de Física Corpuscular de Valencia (IFIC) y el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas de Madrid (CIEMAT), y en base a lo logrado hasta esos días se hace un informe técnico sobre el Proyecto de Interconexión de Recursos Informáticos (IRIS).

En aras de 1996 se crea la Ley de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica (Ley de la Ciencia) y Telefónica lanza Ibertex. Tiempo mas tarde se realiza el Plan Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (Plan Nacional de I+D) y en Valencia tien a lugar la Reunión anual de la Asociación Europea de Redes Académicas (RARE) dando a lugar a la Ley de Ordenación de las Telecomunicaciones (LOT) todo esto en 1987.

Al principio del año de 1990 se da la primera conexión de España a Internet vía IXI (red paneuropea de alta velocidad, 64 Kbps. Servicio experimental de RedIRIS (SIDERAL), se conectan experimentalmente a Internet cuatro centros: FUNDESCO (Fundación para el Desarrollo de las Telecomunicaciones), Departamento de Ingeniería Telemática de la Universidad Politécnica de Madrid (DIT), CICA y CIEMAT y Telefónica liberaliza los módems V21 (8300 bps) y V22 (1200 bps). Entra en vigor la fase operativa del servicio de acceso a Internet de RedIRIS (SIDERAL). Los primeros centros conectados son: CIEMAT (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas de Madrid), CNM (Centro Nacional de Microelectrónica), CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas), FUNDESCO, RICA (Red Informática Científica de Andalucía), UAM (Universidad Autónoma de Madrid), UAB (Universidad Autónoma de Barcelona), UCM (Universidad Complutense de Madrid), UPC (Universidad Politécnica de Cataluña) y UPM (Universidad Politécnica de Madrid) realizadas en el transcurso del primer trimestre del año de 1991, como dato histórico podemos agregar que para este año ya hay mas de 1,000 maquinas conectadas a Internet.

⁵ Esta sección esta basada en las siguientes referencias; [Barbera, 98], [López, 98], [Sanz, 98], [13]

En 1992 nace el primer proveedor comercial de servicios informáticos, GOYA SERVICIOS TELEMÁTICOS, S.A. El origen de esta empresa esta en el Departamento de Ingeniería Telemática de la UPM que gestionaba la red EUnet, creando su propia infraestructura IP para acceso a Internet. Ya desde 1986 ofrecía servicios de correo electrónico a empresas. En abril del año en curso RedIRIS participa en la creación del centro de coordinación europeo RIPE-NCC, en mayo RedIRIS participa en la creación de Ebone, siendo la conexión inicial a 64Kbps.

Para finales del 92 y principios del 93 el CESCA (Centro de Supercomputació de Catalunya) inaugura un listserv, lista de distribución, (bit.listserv. catala) para los catalanoparlantes. Y con esto nacen los primeros enlaces www en España.

El Centro de Supercomputació de Catalunya (CESCA), creado en 1990 a través de la Fundació Catalana per a la Recerca y la colaboración de las universidades catalanas y el CSIC pone en marcha en 1993 l'Anella Científica una red de transmisión de datos de alta velocidad (34 Mbps) que será pionera en Europa. Esta red de fibra óptica facilita la comunicación entre investigadores universitarios de Cataluña y ofrece acceso a Internet a unos 30.000 usuarios.

La Universidad Politécnica de Cataluña puso en marcha Pangea. Primera ONG surgida del nodo español de la Asociación para las Comunicaciones Progresistas (APC). En marzo del 93 RedIRIS se conecta a Ebone a 128 Kbps, para el mes de agosto hay más de 10.000 ordenadores conectados y en septiembre se produce la primera conexión de RedIRIS-EuropaNET a 2 Mbps.

A finales de 1993 acaba la gestión de FUNDESCO en RedIRIS y la Comisión de Ciencia y Tecnología (CICYT) pasa la dirección al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

En el 94 el acceso a Internet en España es aún muy lento. La tarifa que se aplica son 10.000 pesetas más una cuota mensual de 2.000. En mayo hay más de 20.000 ordenadores conectados y más de 100 organismos con conexión a Internet. Se pone en funcionamiento la red de fibra óptica de gran velocidad (34 Mbps) "Anella Científica", desarrollada por la Fundació Catalana per a la Recerca a través del Centro de Supercomputación de Catalunya. Facilita la comunicación de investigadores de las universidades catalanas y los hospitales del Valle Hebrón y Parc Taulí. A finales del año se contabilizan trece servidores www.

1995, En marzo una encuesta de la Comisión Europea nos apuntaba que el 55% de los españoles no había oído hablar nunca de Internet, en cuanto a sus ventajas, el 63% decía que sería positivo en la vida laboral. Aparecen 10 proveedores de acceso a Internet. En abril 1.200 centros públicos de enseñanza primaria y secundaria de Cataluña se conectan a Internet, en el mismo mes aparece el primer diario electrónico español Avui, días más tarde lo hacen El Periódico de Cataluña y La Vanguardia. Más tarde ABC y El Correo Español/El Pueblo Vasco.

Unos 30.000 usuarios profesionales tienen contratados servicios con la Internet. En mayo se inaugura en Madrid la Ciberteca, primer cibercafé de España y segundo de Europa. Más tarde lo hará Barcelona con el "Café de Internet", tan solo un mes después la Televisión de Cataluña TV3 es la primera televisión española que ofrece información y noticias en la red. En agosto la primera feria de nuevas tecnologías "Informat'95". Asisten 280 expositores, se puede navegar por Internet,

utilizar el correo electrónico, ver el nuevo "Microsoft Windows 95" y el nuevo producto de Telefónica "Infovía".

El crecimiento de Internet es imparable, de las 4 máquinas que había conectadas en 1990 se pasa a 42.202 máquinas conectadas a 31 de agosto del 95.

El 13 de septiembre de 1995 se firma un convenio de colaboración entre el Ministerio de Educación y Ciencia la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT) y Telefónica para dotar en cada momento a RedIRIS de una infraestructura tecnológica avanzada durante el periodo 1995-1999. En octubre la Universidad Abierta de Catalunya es pionera en ofrecer educación a distancia a través de la red.

Ya en el 96 RedIRIS cuenta con 17 nodos, uno por cada Comunidad Autónoma, 7 líneas punto a punto de 2 Mbps. Se están instalando otras 7 de ATM a 34 Mbps, disponiendo de una red de 155 Mbps en el 97 y se participa en el proyecto europeo TEN-34 (Interconexión a las redes académicas y de I+D europeas en una red de 34 a 155 Mbps).

Primer Congreso Nacional de Usuarios de Internet, Internet World 96 en Madrid (14 al 16 de febrero 96). Es un éxito, superándose todas las expectativas de asistencia. España ya contaba con más de 100.000 ordenadores conectados y 200 proveedores de acceso a Internet.

Datos de la AUI estiman que España cuenta con 320.000 internautas al finalizar el año 96, su aumento es espectacular. InfoVía es un éxito, hasta noviembre del año pasado ha canalizado 28 millones de llamadas con una duración media de 20 minutos, cuenta con 185.000 usuarios y 770 empresas que ofrecen sus servicios a través de la red.

Segundo Congreso de la Asociación de Usuarios de Internet (4 al 6 de febrero 1997), asiste Bill Gates y lo inaugura Aznar desde la Moncloa a través de videoconferencia.

En mayo del 97 RedIRIS se conecta a TEN-34 (22 Mbps).

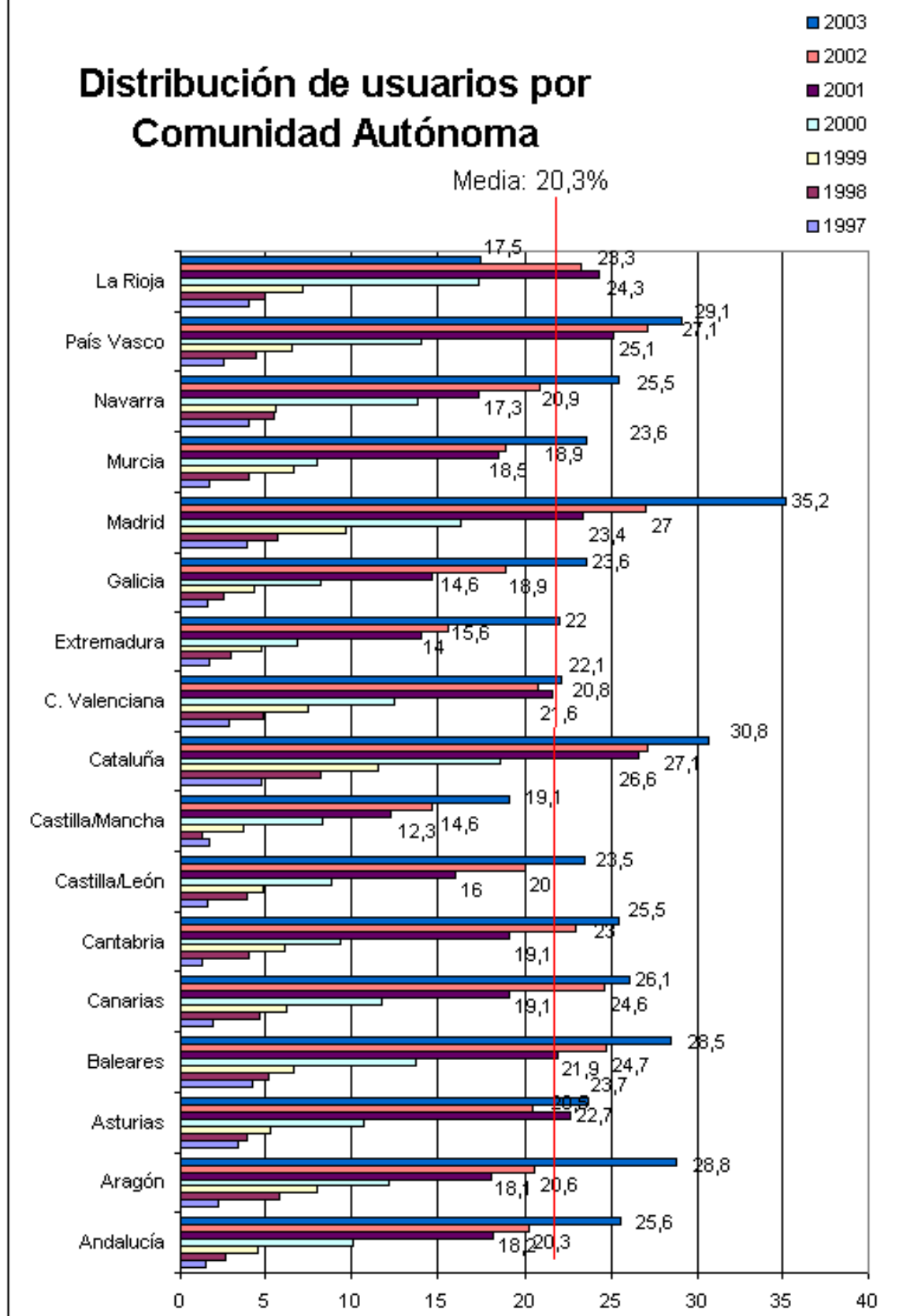
Una encuesta realizada por el Estudio General de Medios (EGM) desde el 8 de abril al 31 de mayo de 1998, más de 1.110.000 personas usan Internet en España. El usuario medio es joven, entre 20 y 34 años, y los servicios que más usan son los accesos a páginas www y el correo electrónico. En octubre existen más de 270.000 ordenadores conectados proporcionando servicio a casi 2 Millones de personas con acceso a Internet contando con el 35% de empresas españolas con páginas web, en diciembre se produce la liberalización total de las Telecomunicaciones.

En la siguiente imagen⁶ podemos darnos cuenta del porcentaje de personas conectadas a Internet de cada una de las comunidades autónomas a través de los últimos años.

⁶ www.aui.es

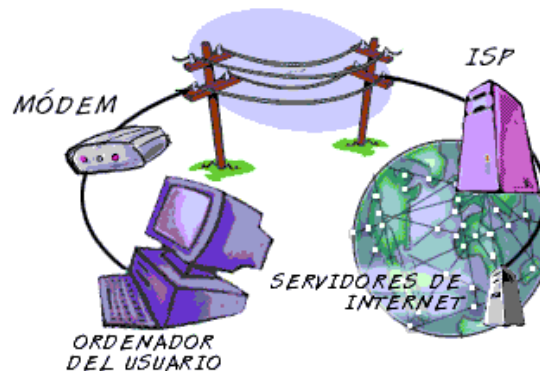
Fuente: AIMC, Asociación de Usuarios de Internet www.aui.es

Distribución de usuarios por Comunidad Autónoma



3.2- Características de Internet.

Internet es, básicamente, millones de ordenadores conectados entre sí independientes unos de otros. Para que todos estos ordenadores puedan coexistir y comunicarse entre ellos, deben tener características en común, esto es deben entenderse. Con este motivo fueron creados los Protocolos, que son reglas de comunicación que han de adoptarse para ser entendidos por los otros ordenadores de la red. Los dos protocolos más importantes son Protocolo de Control de Transmisión (Transfer Control Protocol) y el Protocolo de Internet (Internet Protocol). Usualmente se trata a estos dos protocolos como si fueran uno solo TCP/IP. Por lo tanto si queremos saber como funciona Internet debemos saber como funcionan estos protocolos.

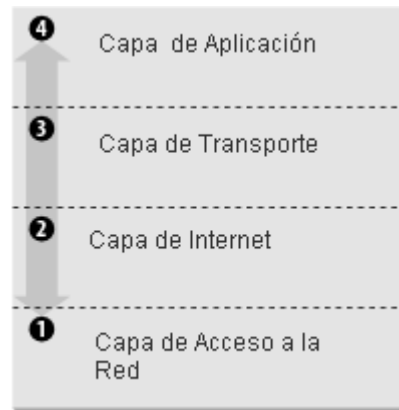


3.3- Arquitectura del Protocolo TCP/IP

El modelo desarrollado por la Organización Internacional de Estándares (ISO), se usa comúnmente para describir la estructura y función de los protocolos de comunicación de datos. Este modelo es llamado modelo de referencia OSI (Open Systems Interconnect). Dicho modelo tiene 7 capas, que definen las funciones de un protocolo de comunicaciones, estas capas según [Hunt, 02] son;

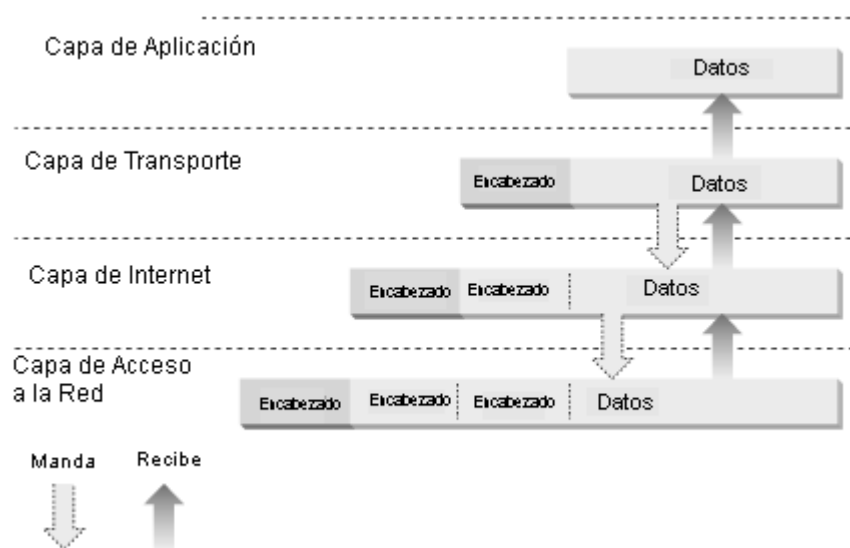


Aunque el modelo OSI es muy útil, el protocolo TCP/IP no concuerda exactamente con esta estructura, en general no hay un acuerdo universal que describa el protocolo TCP/IP como un modelo en capas, de cualquier manera este protocolo generalmente esta compuesto de menos capas que el modelo OSI, la mayoría de las descripciones de este modelo definen de 3 a 5 niveles en la arquitectura del protocolo, en base a [Hunt, 02] se usa un modelo de 4 capas;



Este modelo proporciona una representación muy razonable de los niveles de jerarquía del protocolo TCP/IP. Como en el modelo OSI, los datos fluyen hacia abajo cuando son mandados por la red, y hacia arriba cuando son recibidos.

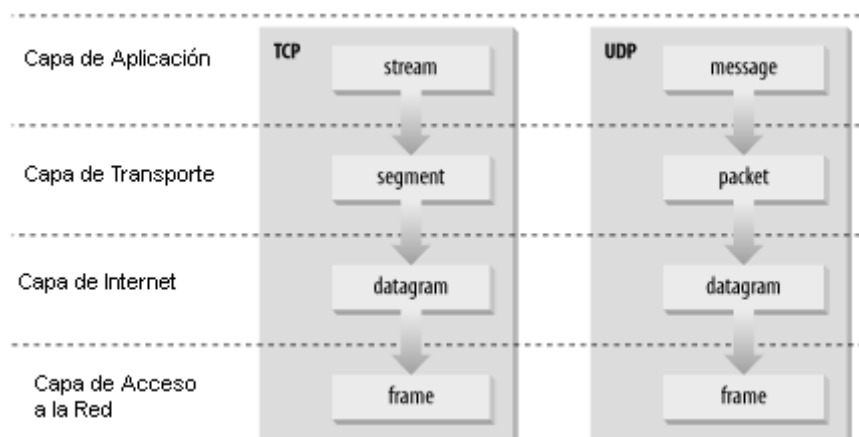
Cuando un paquete de datos viaja hacia la capa de acceso a la red cada capa del modelo agrega información de control al paquete para que este sea correctamente entregado. Esta información de control es llamada Encabezado, porque físicamente va al frente de dicho paquete a ser transmitido. Cada capa trata a el paquete que llega como datos y le pone su propio encabezado, a esta función se le conoce como Encapsulación, y cuando se recibe un paquete conforma asciende sucede lo opuesto, cada capa le quita su encabezado.



Cada capa tiene sus estructuras de datos independientes. En realidad las estructuras de datos de una capa se diseñan para ser compatibles con las

estructuras usadas por las capas que la rodean para que la transmisión sea más eficiente.

Ahora analizaremos otros conceptos de gran interés, las aplicaciones que usan el protocolo TCP [DARPA2, 81] llaman a los datos flujo (stream), mientras que las aplicaciones que usan UDP (User Datagram Protocol), les llaman mensaje, en la capa de transporte TCP le llama segmento y UDP paquete. EN la capa de Internet ambos nombran a los datos recibidos como datagramas, y en la última capa, en la red se les llama frames.



3.3.1- Capa de Acceso a la Red

La Capa de Acceso a la Red es la capa mas baja de la jerarquía del protocolo TCP/IP. Esta capa define como se usara la red para transmitir un datagrama IP, a diferencia de los protocolos de mas alto nivel, los protocolos de la capa de acceso a la red deben saber los detalles de la red física, la estructura de los paquetes, el direccionamiento, todo esto para poder transmitir un paquete que cumpla con las restricciones de la red.

Las funciones desarrolladas en este nivel incluyen la Encapsulación de los datagramas IP en frames, que serán transmitidas por la red, así como trazar las direcciones IP hacia las direcciones usadas en la red.

3.3.2- Capa de Internet

Esta capa es la que controla la comunicación entre un equipo y otro, decide qué rutas deben seguir los paquetes de información para alcanzar su destino. Conformar los paquetes IP que serán enviados por la capa inferior. Desencapsula los paquetes recibidos pasando a la capa superior la información dirigida a una aplicación.

El IP (Internet Protocol) [DARPA, 81] es el protocolo más importante en esta capa, este protocolo es el corazón de TCP/IP, proporciona el servicio básico de entrega de paquetes en el cual las redes TCP/IP están creadas. Todos los protocolos en las capas altas y en la baja usan el IP para hacer llegar datos.

La versión del protocolo IP utilizada por un mayor numero de usuarios en Internet es la 4, existen versiones mas recientes como la 5 que es un experimento basado en el transporte de cadenas usado para entregas en tiempo real, IPv5 nunca llego a ser operacional, la versión mas reciente de este protocolo es la 6 IPv6 que estudiaremos a detalle mas adelante, por ahora centraremos la atención en la versión 4 para comprender como funciona Internet.

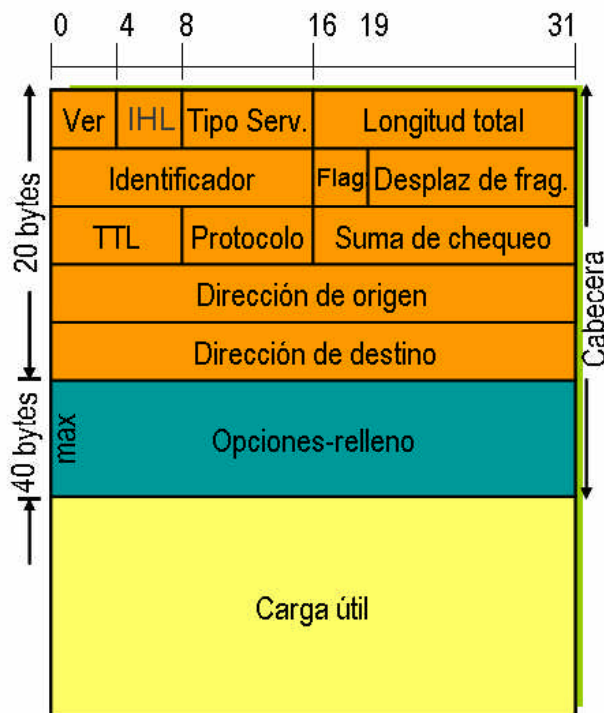
3.3.2.1- IP, Protocolo de Internet

Este protocolo es el bloque que sostiene todas las comunicaciones por Internet, dentro de sus funciones están:

- ❖ Definir el datagrama, el cual es la unidad básica de transmisión en Internet.
- ❖ Definir un esquema de direccionamiento de Internet.
- ❖ Mover los datos ente la capa de acceso de red y la de transporte.
- ❖ Llevar a cabo la fragmentación y el ensamblamiento de los datagramas.

a) El Datagrama.

Un paquete es un bloque de datos que tiene la información necesaria para poder llegar a un destino, cada paquete viaja por la red independiente de cualquier otro. El datagrama es el paquete definido por el protocolo IP. Los primeros 6 palabras de 32 bits cada una, son el control del datagrama y se llama encabezamiento, por default la cabecera tiene 5 palabras de largo, la sexta es opcional, continuación veremos sus características según [DARPA, 81];



➤ Versión (4 bits)

La versión indica el formato del encabezado, en este caso el 4.

➤ IHL (4 bits)

Internet Header Length, es la longitud del encabezado con 32 bits de tamaño de palabra, el valor mínimo es 5.

➤ Tipo de Servicio (8 bits)

El tipo de servicio indica los parámetros de la calidad de servicio deseada.

Bit 0-2: Precedencia.

Bit 3: 0 = Retardo normal, 1 = Bajo retardo.

Bit 4: 0 = Rendimiento normal, 1 = Rendimiento alto.

Bit 5: 0 = Fiabilidad normal, 1 = Alta fiabilidad.

Bit 6-7: Reservado.

Precedencia.

111 - Network Control

110 - Internetwork Control

101 - CRITIC/ECP

100 - Flash Override

011 - Flash

010 - Immediate

001 - Priority

000 - Routine

EL uso de retardo, salida y fiabilidad puede incrementar el coste de el servicio, el algunas redes mejor desempeño de un parámetro esta emparejado con un mal desempeño de otro.

➤ Longitud Total (16 bits)

Este espacio nos da la longitud del datagrama, medida en octetos incluyendo el encabezado, este campo permite tener longitudes de hasta 65, 535 octetos, cuando en la realidad la mayoría de los datagramas son en promedio de 576 octetos.

➤ Identificación (16 bits)

Única para cada datagrama (si el paquete está fragmentado lleva la misma identificación).

➤ Banderas (3 bits)

Sólo se usan 2 en la actualidad.

Bit 0: reserved, must be zero

Bit 1: (DF) 0 = Puede Fragmentarse, 1 = No Fragmentar.

Bit 2: (MF) 0 = Ultimo Fragmento, 1 = Mas Fragmentos.

➤ Offset (13 bits):

Indica el lugar de este fragmento dentro del datagrama completo

En un paquete no fragmentado su valor es cero.

➤ TTL (8 bits)

Time To Live, este campo indica el tiempo máximo que un datagrama permanecerá en la red, si este valor es un cero entonces el datagrama se destruye, este campo se modifica cuando se procesa el encabezado, el tiempo es medido en segundos.

➤ Protocolo (8 bits)

Este campo indica el protocolo del siguiente nivel usado en el campo de datos;
1 = ICMP, 2 = IGMP, 6 = TCP, 17=UDP.

➤ Header Checksum (16 bits)

Es solo utilizada para encontrar errores en el encabezado, esto es porque el encabezado se va modificando cuando viaja por la red.

➤ Dirección de Origen (32 bits)

➤ Dirección del Destino (32 bits)

➤ Opciones (opcional): indica las opciones solicitadas por el usuario.

El IP entrega el datagrama a la siguiente capa cuando la dirección del host y la Dirección de Destino en la palabra 5 del encabezado coinciden, La dirección de destino y la de host son en IPv4 de 32 bits, si la dirección de destino esta en la red local, entonces el paquete es entregado directamente a su destino, si no fuera así el paquete pasara de un nodo a otro hasta encontrar su destino, decidir por donde se vaya el paquete se denomina routing [Hunt, 02].

b) Direcccionamiento

Una dirección IP es de 32 bits, en la versión IPv4, este es el único valor que identifica el equipo que trabaja en una red con TCP/IP, las direcciones son usualmente escritas como 4 grupos de 3 números decimales separados por puntos, esta forma de escribir la dirección se llama notación punteada decimal, cada grupo representa 8 bits de los 32, y los grupos están en el rango 0-255.

Existen tres maneras de direccionamiento, unicast, multicast y anycast, en el primer caso los sistemas individuales son directamente diseccionados con una dirección de host, que se llama dirección unicast. Grupos de sistemas pueden ser diseccionados usando un direccionamiento multicast, todos los sistemas de una red están diseccionados con una dirección broadcast.

Tipos de Direcciones:

Clase A: 1.0.0.0 a 127.255.255.255	0	Red 7 bits	Host 24 bits	R.H.H.H
Clase B: 128.0.0.0 a 191.255.255.255	10	Red 14 bits	Host 16 bits	R.R.H.H
Clase C: 192.0.0.0 a 223.255.255.255	110	Red 21 bits	Host 8 bits	R.R.R.H
Clase D: 224.0.0.0 a 239.255.255.255	1110	Dirección Multicast 28 bits		
Clase E: 240.0.0.0 a 247.255.255.255	11110	Reservado para futuro 27 bits		

- Clase A: 126 redes de 16.777.216 de hosts

Primera Red: 1.0.0.0	Primer Host: 1.0.0.1 Ultimo Host: 1.255.255.254
Ultima Red: 127.0.0.0	Primer Host: 127.0.0.1 Ultimo Host: 127.255.255.254

- Clase B: 16.382 redes de 65.534 hosts

Primera Red: 128.1.0.0	Primer Host: 128.1.0.1 Ultimo Host: 128.1.255.254
Ultima Red: 191.254.0.0	Primer Host: 191.254.0.1 Ultimo Host: 191.254.255.254

- Clase C: 2.097.150 redes de 254 hosts

Primera Red: 192.0.1.0	Primer Host: 192.0.1.1 Ultimo Host: 192.0.1.254
Ultima Red: 223.255.254.0	Primer Host: 223.255.254.1 Ultimo Host: 223.255.254.254

c) Transporte de datagramas a la Capa de Transporte.

Cuando el Protocolo de Internet recibe un datagrama que esta direccionado a su host local este debe pasar la porción de datos que le corresponden al siguiente protocolo en la capa de transporte, esto lo hace usando el número de protocolo de la palabra 3 del datagrama, cada protocolo de la capa de transporte tiene un número único. 1 = ICMP, 2 = IGMP, 6 = TCP, 17=UDP

d) Fragmentación de Datagramas

Cuando un datagrama pasa por las diferentes redes, puede que sea necesario dividirlo en datagramas mas pequeños, esto se da debido a que el datagrama recibido puede ser muy grande para ser transmitido en un solo paquete, esto solo sucede cuando un nodo de red conecta diferentes redes físicas.

Cada tipo de red tiene una Unidad Máxima de Transmisión (MTU), que es el paquete mas grande que se puede transportar. Si en dos redes diferentes físicamente estas unidades cambian entonces se procede a fragmentar el paquete. El formato de cada fragmento es el mismo que de cualquier otro datagrama sin fragmentar, lo único que cambia es que en la palabra 2 del encabezado se pondrá la información que identifica cada fragmento, para así poder des-fragmentarlo para obtener el datagrama original.

3.3.3- Capa de Transporte

La capa de transporte ofrece a la capa de aplicación dos servicios: un servicio orientado a conexión protocolo TCP "Transmission Control Protocol" y un servicio no orientado a conexión protocolo UDP "User Datagram Protocol". La unidad de envío o recepción datos del protocolo TCP se conoce con el nombre de segmento TCP y la unidad de envío o recepción de datos del protocolo UDP es conocido como datagrama UDP.

A esta capa suele también llamársele Capa de Transporte Host-Host, 2 de los protocolos mas importantes en esta capa son el Protocolo de Control de Transmisión (TCP) y Protocolo de Datagrama de Usuario (UDP) [Hunt, 02], TCP proporciona un servicio fiable de entrega de datos, cuenta con detección y corrección de errores de fin-a-fin (etoe), mientras que UDP proporciona un servicio de entrega de datagramas no conectados y lo hace con un mínimo de carga del protocolo. Ambos protocolos entregan datos entre la capa de aplicación y la de Internet.

3.3.3.1- Protocolo de Datagrama de Usuario (UDP)

El protocolo UDP "User Datagram Protocol" de la capa de transporte es un servicio no orientado a conexión. Este protocolo da a las aplicaciones acceso directo al servicio de entrega de datagramas, esto permite a las aplicaciones intercambiar mensajes sobre la red con un mínimo de carga del protocolo.

UDP no tiene ninguna técnica para verificar si el paquete enviado llego con éxito al punto final de la red, en el host el protocolo entregara los datos correctos, UDP usa 16 bits en la palabra 1 del encabezado para el puerto de origen y el puerto de destino para entregar los datos a la aplicación correcta. [Postel, 80]

Existen un numero de buenas razones para usar UDP, si la cantidad de datos es pequeña el trabajo de crear conexiones que aseguren la entrega de datos puede ser mayor que el trabajo de retransmitir el paquete, en este caso UDP es la opción mas eficiente. [Hunt, 02].

En esta figura se detalla el datagrama UDP. [Hunt, 02]



El campo Longitud representa la longitud en octetos de un datagrama UDP, incluyendo la cabecera y los datos. El campo longitud es un registro de 16 bits y pesar de que la máxima longitud de un datagrama UDP puede ser de 65536 bytes no es común ver datagramas UDP mayores que 512 bytes de datos.

El campo Suma de Control (Checksum) es el complemento "a uno" de 16 bits de la suma de los complementos "a uno" de las palabras de la combinación de una pseudo-cabecera construida con información de la cabecera IP, la cabecera UDP y los datos. La combinación de la pseudo-cabecera es rellenada con octetos de valor cero en la parte final (si es necesario) hasta tener un múltiplo de dos octetos. La pseudo-cabecera que imaginariamente antecede a la cabecera UDP contiene la dirección de origen, la dirección de destino, el protocolo y la longitud UDP. Esta información proporciona protección frente a datagramas mal encaminados. Este procedimiento de comprobación es el mismo que el utilizado en TCP. Es importante mencionar que la suma de control en una cabecera UDP es opcional. [Postel, 80]

3.3.3.2- Protocolo de Control de Transmisión (TCP)

La función protocolo TCP consiste en ofrecer un servicio de envío y recepción de datos, orientado a conexión que sea seguro y que según [DARPA2, 81] goce de los siguientes mecanismos:

- Multiplexaje.
- Conexiones.
- Fiabilidad.
- Control de Flujo y Congestión.

a) Multiplexaje

El mecanismo de multiplexaje consiste en que más de una aplicación pueda utilizar los servicios del protocolo TCP. El protocolo TCP hace uso de los parámetros de control: Puerto destino y Puerto origen incluidos en una cabecera TCP y los parámetros de control: Dirección IP Destino y Dirección IP Origen incluidos en una cabecera IP con el fin de satisfacer el mecanismo de multiplexaje.

Cuando los números de puerto son concatenados con las direcciones IP de la capa de enrutamiento, conforman lo que se denomina un conector "socket". Un par de conectores identifica de forma única la conexión bidireccional entre una aplicación cliente y una aplicación servidor.

Los puertos de las aplicaciones que ofrecen servicios a las aplicaciones clientes han sido estandarizados y se conocen con el nombre de "puertos bien conocidos". La organización que controla y estandariza el número de un puerto es la IANA "Internet Assigned Numbers Authority".

El número de puerto de una aplicación está definido por un registro de 16 bit "parámetro de control Puerto destino y/o puerto origen", esto implica un rango de puertos que va de 0 a 65535 puertos. El rango de puertos que va de 0 a 1023 son conocidos con el nombre de puertos privilegiados. Los procesos que hacen uso de estos puertos son ejecutados con privilegio root.

En un encabezado TCP el número de puerto que refleja el parámetro puerto origen es el número de puerto de la aplicación que está enviando los datos. Y el número de puerto que refleja el parámetro puerto destino es el número de puerto de la aplicación destino.

b) Conexión

Como el protocolo TCP es un protocolo orientado a conexión, es necesario iniciar y mantener la información del estado para cada conexión TCP. Cada conexión queda identificada de forma única por un par de conectores que corresponden con sus dos extremos "Socket".

Cuando dos procesos "cliente/servidor" desean comunicarse, el protocolo TCP debe establecer primero una conexión (inicializar la información de estado en cada lado) y cuando la comunicación se ha completado, la conexión se termina con la intención de liberar recursos en el sistema.

Como las conexiones tienen que establecerse entre "computadoras, enrutadores, etc." y sobre un servicio no orientado a conexión ofrecido por la capa de enrutamiento, el protocolo TCP utiliza un mecanismo de acuerdo que usa números de secuencia para la inicialización de las conexiones.

c) Fiabilidad

Con el fin de poder recuperar los datos que se corrompan, pierdan, dupliquen o se entreguen desordenados por los servicios de la capa de enrutamiento, el protocolo TCP está diseñado para satisfacer los principios de un protocolo orientado a conexión, es decir; que por cada segmento enviado por el emisor este debe recibir un número de acuse de recibido enviado por el receptor.

d) Control de flujo

El protocolo TCP está diseñado para controlar el envío y recepción de segmentos TCP a fin de evitar momentos de congestión en la red. Las principales técnicas de control de flujo implementadas en el protocolo TCP son:

- . Desplazamiento de ventana "Sliding Window".
- . Comienzo lento "Slow Start" y control de congestión.

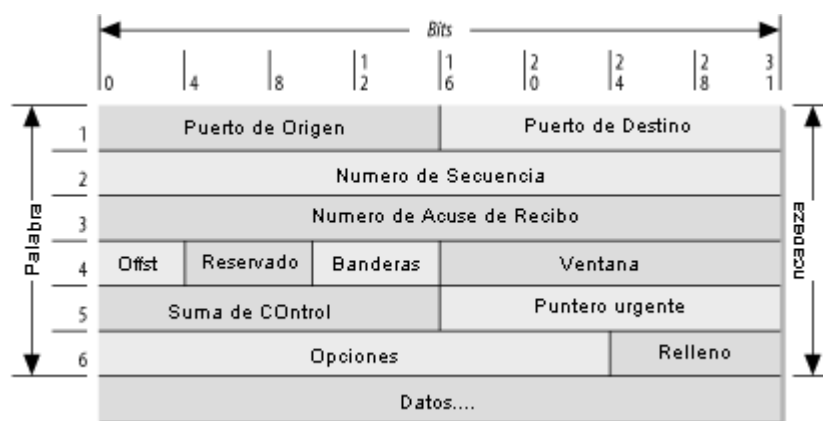
La técnica de desplazamiento de ventana es una técnica de control del flujo impuesta por el receptor de segmentos TCP con el fin de evitar momentos de congestión en el computador receptor. Durante el proceso de inicialización de una conexión TCP, el proceso TCP de cada computador da a conocer los parámetros de control ventana y MSS. Con estos dos parámetros el proceso de envío de segmentos del protocolo TCP puede calcular el máximo número de segmentos que puede recibir el proceso de recepción del protocolo TCP en un momento determinado. El parámetro ventana incluido en una cabecera TCP es un registro de 16 bits y el valor del mismo puede variar durante el envío y recepción de segmentos TCP hasta llegar al punto de que sea igual a cero. Cuando esto ocurre indica que el proceso de recepción de segmentos no está en capacidad de recibir ningún segmento TCP ya que el buffer de recepción se encuentra completamente lleno. Esto obliga al proceso de envío de segmentos TCP del computador remoto no transmitir ningún segmento hasta que el parámetro de control ventana sea mayor o igual a un segmento.

Las técnicas slow start y control de congestión consisten en que el transmisor de segmentos TCP hace uso de los parámetros de control: ventana de congestión y umbral de congestión. El parámetro de control ventana de congestión es utilizado

para calcular el máximo número de segmentos que pueden ser transmitidos por el transmisor en un momento determinado. Y el parámetro umbral de congestión es utilizado para detectar momentos de congestión en la red.

e) Segmento TCP

En esta figura podemos observar el encabezado que usa este protocolo [Hunt, 02];



- ❖ Puerto TCP origen: campo obligatorio de 16 bits que especifica el puerto del host origen que se envía el segmento.
- ❖ Puerto TCP destino: campo obligatorio de 16 bits que especifica el puerto del host destino al que se envía el segmento.
- ❖ Número de secuencia: campo obligatorio de 32 bits que identifica el primer byte del campo de datos. En este protocolo no se enumeran segmentos sino bytes, por lo que este número indica el primer byte de datos que hay en el segmento. Al principio de la conexión se asigna un número de secuencia inicial (ISN, Initial Sequence Number) y a continuación los bytes son numerados consecutivamente.
- ❖ Número de acuse de recibo (ACK): campo obligatorio de 32 bits. Cuando el bit ACK está activo, este campo contiene el número de secuencia del primer byte que espera recibir. Dicho de otra manera, el número ACK - 1 indica el último bit reconocido.
- ❖ Offset: campo obligatorio de 4 bits que indica el número de palabras de 32 bits que hay en la cabecera. De esta manera el TCP puede saber donde se acaba la cabecera y por lo tanto donde empieza los datos. Normalmente el tamaño de la cabecera es de 20 bytes por lo que en este campo se almacenará el número 5. Si el TCP utiliza todos los campos de opciones la cabecera puede tener una longitud máxima de 60 bytes almacenándose en este campo el valor 15.
- ❖ Reservado: campo de 6 bits que actualmente se establece en cero, y que está reservado para usos futuros.
- ❖ Banderas: campo de 6 bits que contienen funciones de control (como, por ejemplo, configuración y terminación de una sesión). Cada uno de los bits recibe el nombre de indicador y cuando está a 1 indica una función específica del protocolo:

➤URG: campo puntero de urgencia. Indica que el segmento contiene datos urgentes, lo que hace que el número de secuencia se traslade donde están dichos datos. Se complementa con el campo "Marcador urgente", en el que se indica el número de datos urgentes que hay en el segmento.

➤ACK: campo número de acuse de recibo. Hay que tener en cuenta que un mismo segmento puede transportar los datos en un sentido y las confirmaciones en el sentido opuesto de la comunicación. Indica por tanto que tiene significado el número que hay almacenado en el campo "Número de acuse de recibo".

➤PSH: campo push, que implica que la aplicación ha solicitado enviar los datos existentes en la memoria temporal sin esperar a completar el segmento. De esta manera se consigue que los datos no esperen en la memoria receptora hasta completar un segmento de dimensión máxima.

➤RST: campo de interrupción de la conexión actual, usado cuando hay un problema en la conexión, que sirve para hacer un reset de la conexión. Por ejemplo, cuando un paquete llega al receptor y no hay un proceso de aplicación esperándolo.

➤SYN: campo para la sincronización de los números de secuencia, usado al crear una conexión para indicar al otro extremo cuál va a ser el primer número de secuencia con el que va a comenzar a transmitir, y que puede ser diferente de cero. Si una solicitud de conexión tiene SYN=1 y ACK=0, la aceptación de la conexión tendrá SYN=1 y ACK=1.

➤FIN: campo que indica a la aplicación que ya no hay más datos a transmitir. Se usa para solicitar el cierre de la conexión actual. En realidad, tras cerrar una conexión, un proceso puede continuar recibiendo datos indefinidamente.

❖ Ventana: campo de 16 bits que indica cuántos bytes tiene la ventana de transmisión del protocolo de control de flujo utilizado en el mecanismo de ventanas deslizantes. A diferencia de lo que ocurre en los protocolos del nivel de enlace, en los que la ventana era constante y contaba tramas, en el TCP la ventana es variable y cuenta bytes. Contiene el número de bytes de datos comenzando con el que se indica en el campo de confirmación y que el que envía está dispuesto a aceptar.

❖ Checksum TCP: campo de 24 bits que contiene una suma de comprobación de errores del segmento actual, calculada del encabezado y de los campos de datos, y que contiene también las direcciones IP de origen y destino.

❖ Marcador urgente: campo de 8 bits que se utiliza cuando se están enviando datos urgentes que tienen preferencia sobre todos los demás, y que indica el siguiente byte del campo "Datos" que sigue a los datos urgentes, con lo que el destino puede identificar dónde terminan éstos. Es decir, cuando el indicador "URG" está activo, este campo indica cual es el último byte de datos que es urgente. De esta manera el receptor puede saber cuantos datos urgentes llegan. Este campo es utilizado por algunas aplicaciones como telnet, rlogin y ftp.

❖ Opciones: campo que si está presente permite añadir una única opción de entre las siguientes:

➤ Tiempstamp, para marcar en que momento se transmitió el segmento y de esta manera monitorizar los retardos que experimentan los segmentos desde el origen hasta el destino.

➤ Aumentar el tamaño de la ventana.

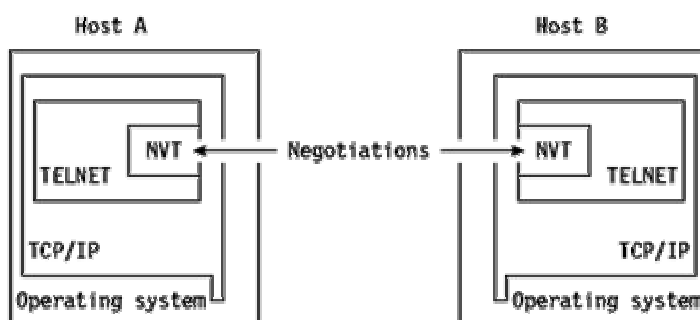
➤ Indicar el tamaño máximo del segmento que el origen puede enviar.

❖ Relleno: bits de relleno para completar el tamaño del segmento TCP para que sea múltiplo de 32 bits.

3.3.4- Capa de Aplicación y Protocolos

Esta es la capa con la que tenemos contacto directo, es la cabeza de la arquitectura del protocolo TCP/IP, aquí se incluyen todos los procesos que usan la capa de transporte para recibir datos. Existen muchos protocolos que trabajan en esta capa, dentro de los más usados están:

- Telnet.- NTP-Protocolo de Terminal de Red [Postel, 83], este protocolo proporciona una interfaz estandarizada, a través de la cual un programa de un host puede acceder a los recursos de otro host como si el cliente fuera una Terminal local conectada al servidor.



En esta figura podemos ver el modelo simétrico de TELNET - La negociación comienza con la NVT (Network Virtual Terminal) como punto de partida.

- FTP.- Protocolo de Transferencia de Archivos [Postel, 85], este protocolo permite transferir archivos y manipular directorios en máquinas remotas. No está diseñado para permitir el acceso a otra máquina con el fin de ejecutar programas (para eso tenemos telnet), pero resulta la mejor utilidad para manipulación de archivos.

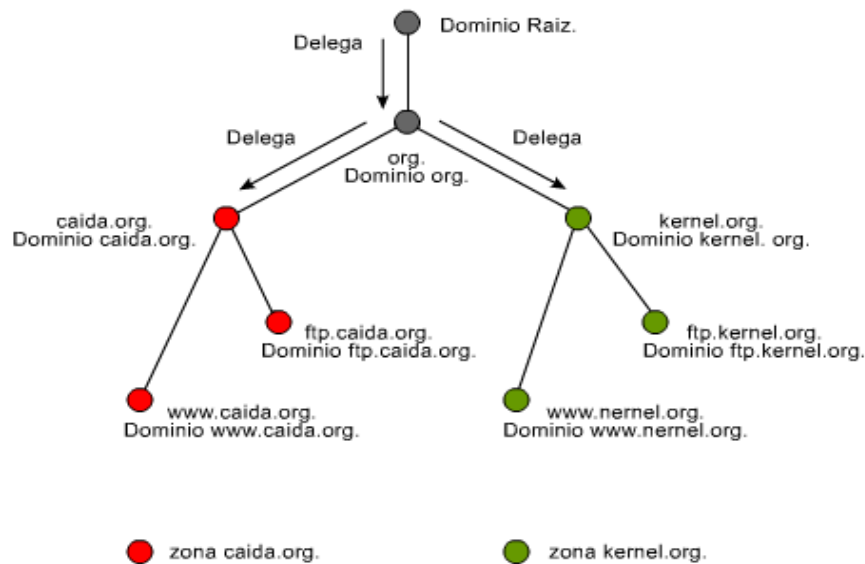
Para acceder a ficheros remotos, el usuario debe identificarse al servidor. En este punto el servidor es responsable de autenticar al cliente antes de permitir la transferencia de ficheros.

Desde el punto de vista de un usuario de FTP, el enlace está orientado a conexión. En otras palabras, es necesario que ambos hosts estén activos y ejecutando TCP/IP para establecer una transferencia de ficheros.

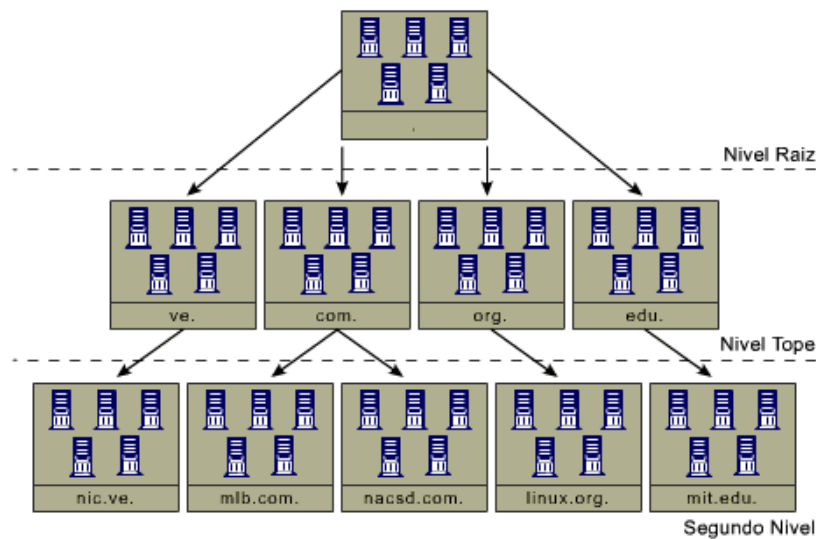
- SMTP.- Protocolo de Transferencia Simple de Correo, se encarga de manejar el correo electrónico. SMTP está basado en *la entrega punto-a-punto*; un

cliente SMTP contactará con el servidor SMTP del host de destino directamente para entregar el correo. Guardará el correo hasta que se haya copiado con éxito en el receptor. Esto difiere del principio de retransmisión común a muchos sistemas de correo en las que el correo atraviesa un número de host intermedios de la misma red y donde una transmisión con éxito implica sólo que el correo ha alcanzado el host correspondiente al siguiente salto.

- HTTP.-Protocolo de Transferencia de Hipertexto, este es el protocolo necesario para navegar por las paginas de Internet en la red.
- DNS.- Sistema de Nombre de Dominios, también es llamado servicio de nombres, esta aplicación le da un nombre a la dirección IP asignada a los dispositivos de la red. Todos los nombres de dominios nacen a partir del dominio raíz, el cual se denota con un punto. A su vez cada uno de estos nombres de dominio puede sub-dividirse. [AppL, 04]



El espacio de dominio de la red Internet está dividido básicamente en tres niveles: Nivel Raíz, Nivel Tope y Nivel secundario. [Klensin, 03]



- OSPF.- Open Shortest Path First, este protocolo es usado por los dispositivos en la red para intercambiar información de ruteo.
- NFS.- Sistema de Archivos en Red, este protocolo permite a los archivos ser compartidos por varios host en la red.

Algunos de estos protocolos como Telnet y FTP pueden ser usados solo si el usuario tiene conocimiento de la red, otros como el OSPF corre sin que el usuario sepa que existe, esta es la capa que mas protocolos admite y como se dijo al principio la que el usuario final esta en contacto.

Estos son los protocolos más usados en Internet, y entre todos dan vida a lo que hasta hoy es la red de redes más grande de todos los tiempos.

4- Decadencia en las Aplicaciones Científicas de Internet

Durante mas de 30 años se han utilizado protocolos de comunicación semejantes, y cada día nos damos cuenta de que Internet deja desprovistas de recursos a las aplicaciones para las que fue creado, la comunicación entre centros de investigación y gobierno, a la hora de diseñar un método de asignación de direcciones en los albores de la Internet, cuando estaba conectada apenas una docena de centros, se pensó en un esquema basado en el tamaño de las organizaciones y de ahí nació el modelo de clases en la que sólo se daba cabida a tres tipos de prefijo de longitud predeterminada según fuera una gran organización (clase **A**, prefijo 8 bits), de tamaño mediano (clase **B**, prefijo 16 bits) o pequeño (clase **C**, prefijo 24 bits). Tenemos pues 128 prefijos correspondientes a clases A (0.0.0.0/8-127.0.0.0/8), 16384 de clases B (128.0.0.0/16-191.255.0.0/16) y algo más de 2 millones de clases C (192.0.0.0/24-223.255.255.0/24).

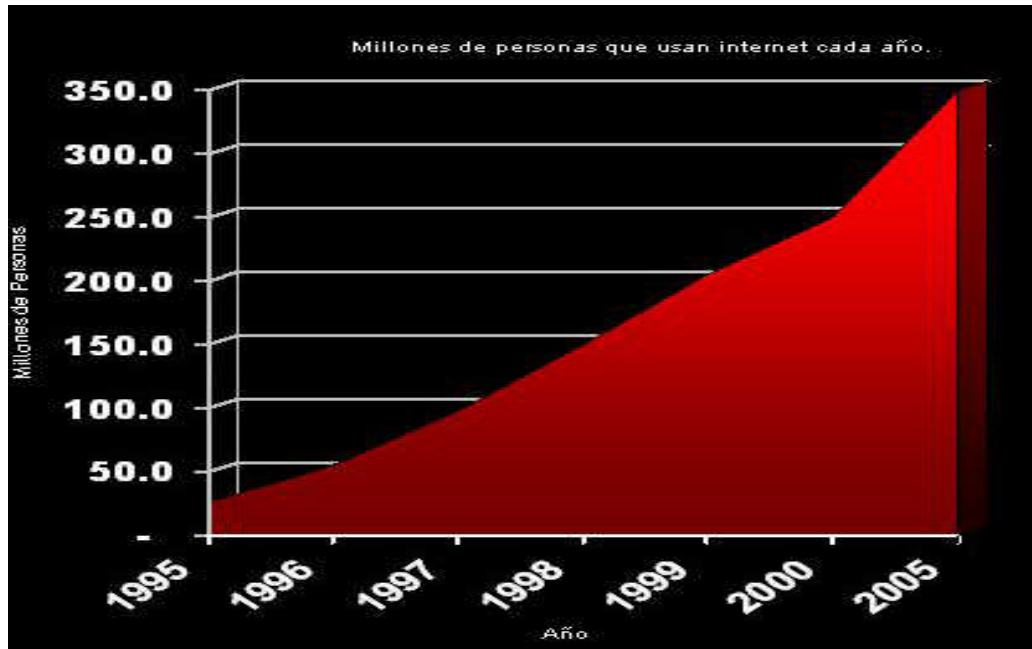
La asignación de direcciones comenzó a hacerse de manera centralizada por un único centro de registro (SRI-NIC) satisfaciendo casi todas las solicitudes sin necesidad de mayor trámite. Este modelo de asignación de direcciones, cuando la Internet comenzó a crecer de forma espectacular, trajo algunas de estas consecuencias:

- **Mal aprovechamiento del espacio de direcciones.** Cada centro tendía a pedir una clase superior a la requerida, normalmente una clase B en vez de una o varias clases C, por puro optimismo en el crecimiento propio o por simple vanidad.
- **Peligro de agotamiento de las direcciones de clase B.** Las más solicitadas debido a la escasez de posibilidades de elección. La alerta sonó cuando se había agotado el 30% de esta clase y la demanda crecía exponencialmente.
- **Síntomas de saturación en los routers de los backbones⁷.** Al imponerse restricciones severas en la asignación de clases B, las peticiones de múltiples clases C se hicieron masivas, lo que hizo que aumentara de forma explosiva el número de prefijos que los routers habían de mantener en sus tablas,

⁷ Backbone; Columna Vertebral de la red, medios físicos por donde viaja la información [Dailey,01].

llegándose a alcanzar los límites físicos impuestos por la capacidad de memoria y de proceso.

En la siguiente grafica⁸ nos podemos dar cuenta de la magnitud con la que crecen los usuarios de Internet.



Otro fallo de Internet es que cualquier paquete es manipulado con la misma prioridad, con lo cual los datos de una aplicación científica o gubernamental llevan la misma prioridad de entrega que un paquete de comercio electrónico, estos aspectos hacen que en Estados Unidos, el 10 de octubre de 1996 se reunieran 36 universidades de ese país y crearan un proyecto conjunto llamado Internet2. El propósito de este proyecto es el hacer posible una nueva generación de la red Internet creando la infraestructura de comunicación y las aplicaciones que darán un impulso a la investigación científica, al concepto de bibliotecas virtuales y a la telemedicina.

5- Internet 2

En un anexo entregado junto a su discurso del 10 de octubre de 1996, en el que se anunciaba la Iniciativa Clinton-Gore sobre la Nueva Generación de Internet, el Presidente Clinton incluía el siguiente objetivo clave:

"Hacer realidad nuevas aplicaciones que logren importantes metas nacionales y de negocios: redes de mayor velocidad y más avanzadas que posibiliten una nueva

⁸ [CUDI, 04]

generación de aplicaciones que sirvan de soporte a la investigación científica, la seguridad nacional, la educación a distancia, el control del medio ambiente y el cuidado de la salud".

Pocos días antes, el primero de octubre de 1996, un grupo considerable de universidades había creado el proyecto Internet2 con el propósito de hacer posible una nueva generación de aplicaciones de red que diera soporte a la investigación científica, la educación a distancia, la vigilancia ambiental, la sanidad y las bibliotecas digitales.

Las aplicaciones más populares hoy en Internet siguieron los pasos de la investigación y el desarrollo de vanguardia de la tecnología de redes. Hoy el contexto es bastante diferente. Las aplicaciones en entorno de red necesitan cada vez mas flujo de datos, pero la provisión de ancho de banda y de tecnología avanzada de redes está retrasando el desarrollo de aplicaciones, ya que éstas van requiriendo cada vez más prestaciones en aquellas.

El correo con normas MIME y los servidores/navegadores Web se han desarrollado en paralelo a sofisticadas herramientas para el desarrollo de aplicaciones multimedia autónomas. Y junto a estos desarrollos han aparecido expectativas para distribuir a través de la red flujos de audio y video. MUDD (Multi-User Dungeons & Dragons) sincrónicos, MOO (Multi-User Domain Oriented Object), charlas (chat) y tecnologías multidifusión (multicast), así como las cada vez más sofisticadas herramientas asíncronas para la trabajo en grupo (workflow), han levantado expectativas sobre el uso de la red para programas de trabajo en grupo basados en compartir aplicaciones, teleconferencia desde el ordenador de sobremesa con vídeo incorporado u otras tecnologías de la comunicación en tiempo real. [CUDI, 03], [Hanss, 01]

La prensa popular habla a menudo sobre las aplicaciones médicas de estas tecnologías.. Por ejemplo, la posibilidad de que puedan distribuirse datos con garantías de calidad de servicio, junto a la transmisión a grandes distancias de imágenes de alta resolución, puede hacer posible que los profesionales de la medicina traten remota, interactiva y directamente al paciente. Los resultados de búsquedas en bases de datos en línea pueden ser facilitados casi inmediatamente al médico que necesita comparar imágenes mientras hace un diagnóstico. Por lo tanto, las expectativas al día de hoy incluyen el acceso a bases de datos más grandes, generales y distribuidas y a instrumentos conectados a la red con posibilidad de análisis distribuido de sus flujos de datos, incluso de forma interactiva. Al reducir las barreras a los límites en la capacidad de proceso y ancho de banda, los análisis llevados a cabo de forma "autónoma" podrían hacerse ahora de forma interactiva con Internet2. [Boyles, 99]

Los investigadores de sistemas de información geográficos, por ejemplo, podrían correlacionar interactivamente datos de bases de datos distribuidas sobre ciencias sociales y físicas. Estos servicios avanzados son aplicables incluso a los análisis de textos. Por ejemplo, los investigadores podrían llevar a cabo de forma interactiva análisis iterativos relevantes sobre el contenido de bibliotecas digitales almacenadas en grandes bases de datos distribuidas por múltiples lugares.

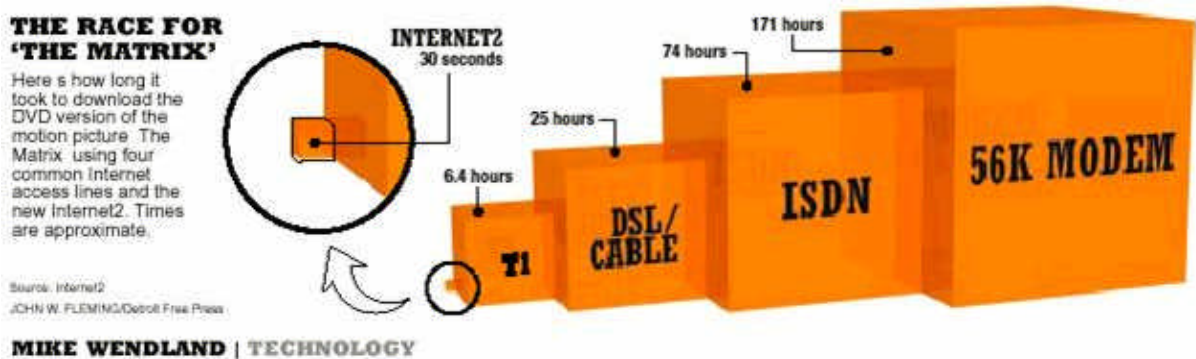
I2 no sustituirá a los servicios actuales de Internet, ni para los miembros del proyecto, ni para otras organizaciones ni para las personas particulares. Las instituciones miembro se han comprometido a utilizar los servicios Internet existentes para todo el tráfico de red que no se relacione con I2. Las otras

organizaciones y personas seguirán utilizando los servicios Internet que hoy suministran los proveedores comerciales, tales como correo electrónico, World Wide Web y grupos de noticias. Internet2 proporcionará los medios para demostrar que la próxima generación de aplicaciones e ingeniería avanzadas de red pueden utilizarse para contribuir al progreso de las redes existentes.

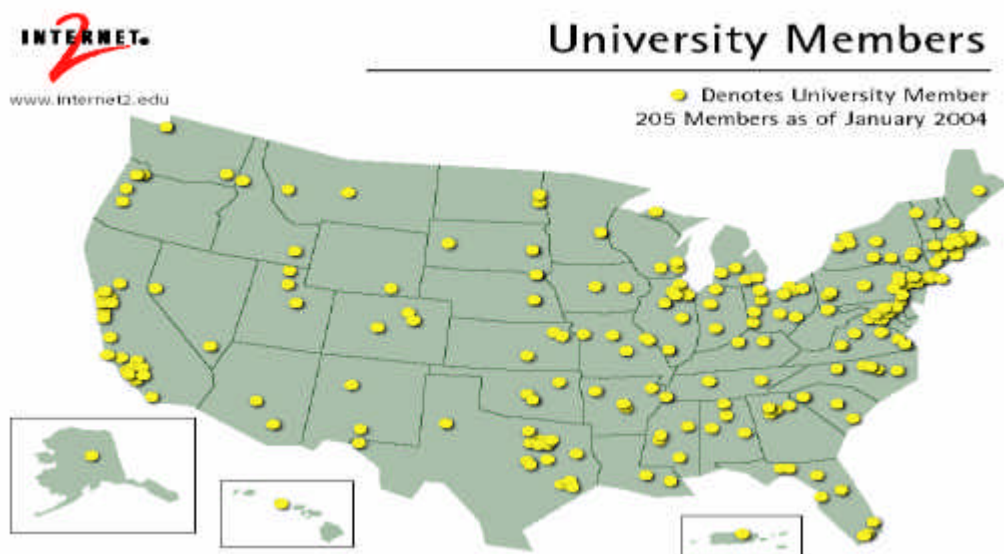
La Misión de I2 es:

Facilitar y coordinar el desarrollo, despliegue, funcionamiento y transferencia de tecnología de servicios y aplicaciones de red avanzados. [CUDI, 04]

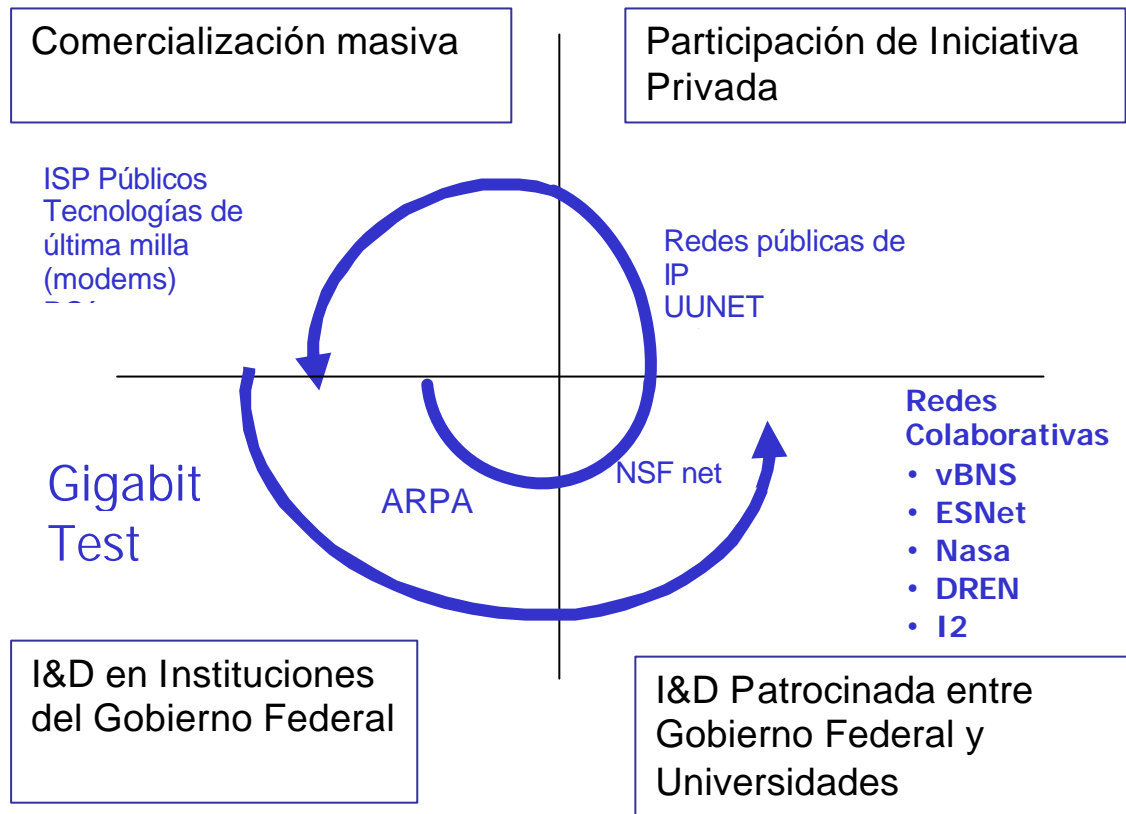
Este es un ejemplo del tiempo que necesitaría un ordenador con diferentes conexiones para bajar el DVD de Matrix. [Metcalf, 00]



Las universidades de punta consideran las telecomunicaciones avanzadas como algo crítico para sus misiones de investigación y educación. Internet2 proporciona el marco para un trabajo común en estas áreas. De forma simultánea, el proyecto hará avanzar los límites de las redes multimedia de banda ancha y ayudará a satisfacer las crecientes necesidades productivas de las universidades miembro. I2 está colaborando también con empresas del sector telemático y con organizaciones sin ánimo de lucro para asegurar que los resultados de I2 se utilizan para mejorar todas las redes telemáticas, incluyendo la Internet que existe actualmente. En la siguiente figura podemos ver las universidades Estadounidenses afiliadas a I2, son 205 hasta Enero del 2004. [UCAID, 04]



Así como Internet comenzó con una iniciativa de diferentes sectores, militar, gubernamental, científico y de investigación, así ha comenzado I2, esta cronología se puede ver en llamado espiral de Internet. [Casasus, 03]



No solo existen universidades dentro de I2, también existen otros socios y afiliados, Industrias, Gobierno y también relaciones internacionales con otras redes.

En la Actualidad [UCAID, 04], existen más de 50 Socios Corporativos, al rededor de 30 Miembros Afiliados y un poco mas de 30 Socios Internacionales.

5.1- Socios Corporativos⁹



⁹ [UCAID, 04]

Microsoft[®]



Lucent Technologies
Bell Labs Innovations



MCI WORLD COM

ITC DELTACOM



5.2- Miembros Corporativos

Advanced Infrastructure Ventures
Apple Computer, Inc.
Aventis
Blackboard, Inc.
C-SPAN
Ceyba Corporation
CIENA
Community of Science, Inc.
EBSCO Information Services
Eli Lilly Corporation
Enterasys Networks, Inc.
Fujitsu Laboratories of America
General Motors
Hewlett-Packard Company
JalaaM Tehcnologies
Japan Telecom Co., LTD

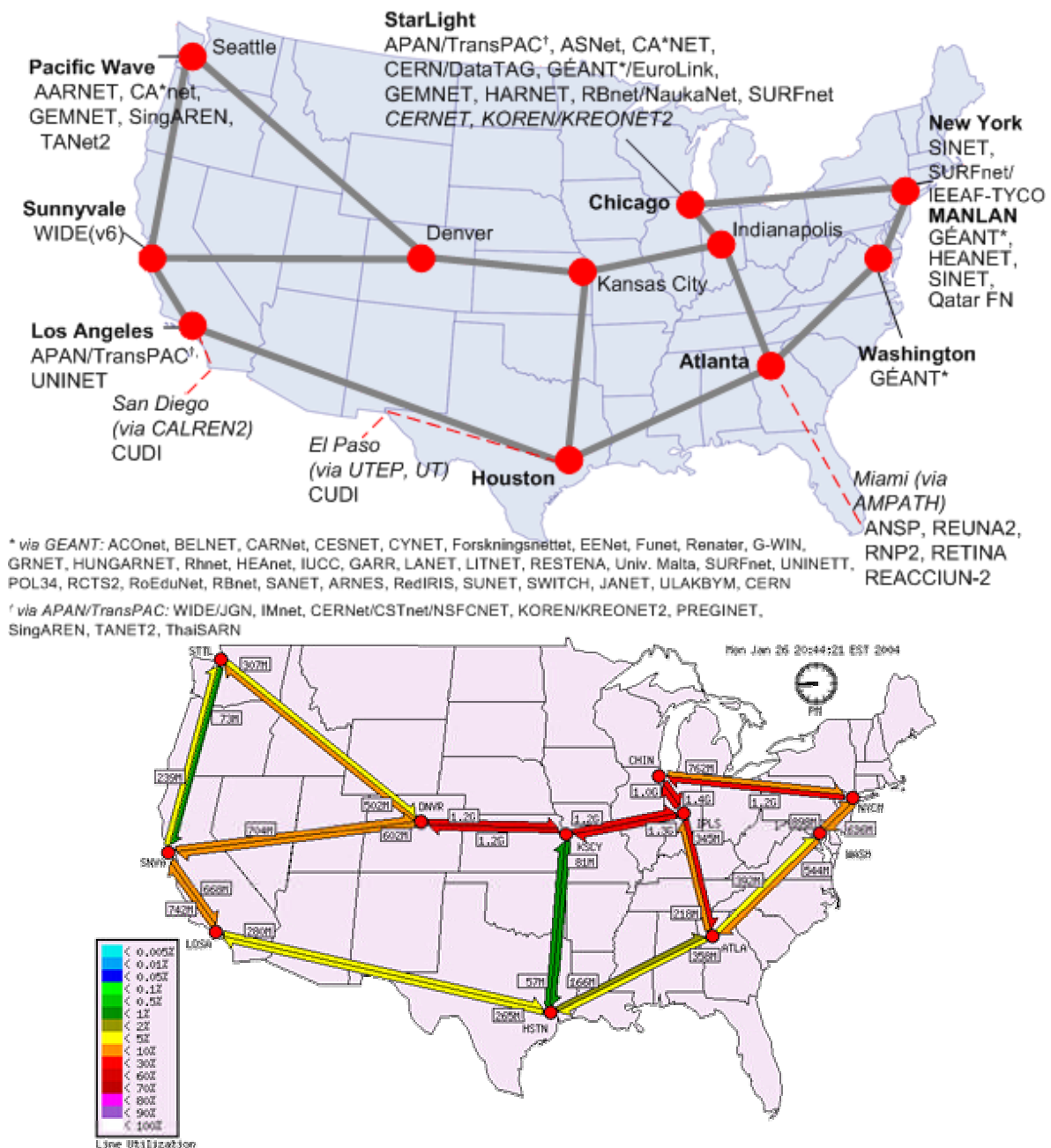
Johnson & Johnson
Level 3 Communications
Motorola Labs
Network Associates, Inc.
Nippon Telephone and Telegraph (NTT)
Pfizer
Procket Networks
Progress Software
ProQuest Information and Learning
Prous Science
Star Valley Solutions, Inc.
Syntel, Inc.
Telecom Italia Lab
Verizon Communications
Wave Three Software
Yipes Enterprise Services, Inc.

5.3- Backbone de I2¹⁰

Como sabemos el Backbone son los medios físicos por donde circulara la información, se han creado acuerdos¹¹ entre países para crear la red mas grande del mundo de la informática jamás concebida.

Red Abilene (USA). Esta es la red donde comenzó I2, a esta red están conectadas todas las redes de todo el mundo, dichas redes se detallan en la siguiente tabla, en esta imagen podemos ver los GigaPoPs a donde se conectan las redes antes mencionadas¹².

Abilene International Network Peers



¹⁰ [Wood, 99], [Stone, 03], [Paulson, 00], [GEANT, 03], [Casasus, 03], [Boyles, 99]

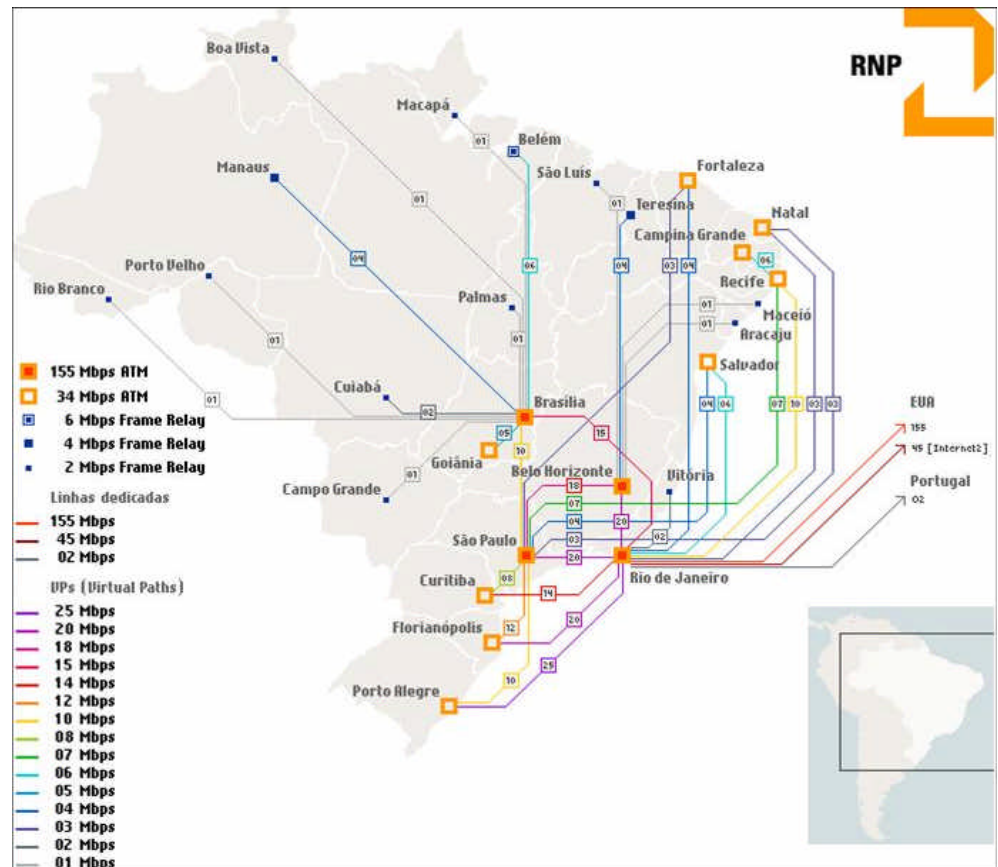
¹¹ [Memo, 03], [IUCC, 00], [Euro, 02], [CUDI2, 03]

¹² <http://abilene.internet2.edu>

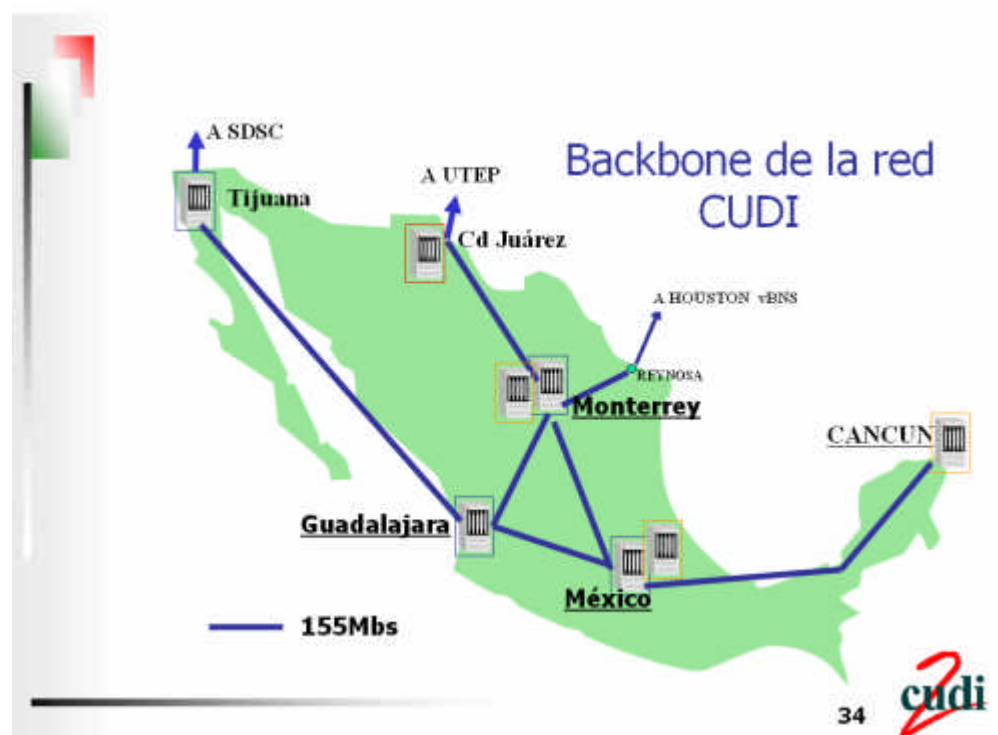
5.3.1- Redes Interconectadas con Abilene.

Red	Socio	País	Interconexión	Ancho de Banda (Mbps)
AARnet	AAIREP	Australia	SEATTLE (Pacific Wave/PNWGP)	2 x 155
ANSP	RNP2	Sao Paulo State, Brazil	Atlanta (AMPATH/SFGP)	45
APAN/TransPAC	APAN	Asian consortium	SEATTLE (Pacific Wave/PNWGP)	622
CA*net	CANARIE	Canada	SEATTLE (Pacific Wave/PNWGP)	3,000
CERN	n/a	Europe	Chicago (via STAR-TAP - IPLS)	10,000
CERNET	CERNET	China	SEATTLE (Pacific Wave/PNWGP)	622
DFN	GÉANT	Germany	New York	7,500
GARR-B	GÉANT	Italy	New York	7,500
GEANT	DANTE	pan-European	New York	7,500
GEMnet	JAIRC - NTT	Japan	Sunnyvale	33
HARNet	JUCC	Hong Kong	Chicago	45
HEAnet	HEAnet	Ireland	New York	155
KREONET2	APAN-KR	Korea	Chicago (via STAR-TAP - IPLS)	45
NaukaNet	RIPN	Russia	Chicago (via STAR-TAP - IPLS)	155
NORDUnet	NORDUnet	Nordic countries	Chicago (via STAR-TAP - IPLS)	622/155
Cutter FN	Cutter Foundation	Qatar	New York - MAN LAN	2 x 155
Red-CUDI	CUDI	Mexico	Houston	155/100
RESTENA	RESTENA	Luxemburg	New York	
RETINA	RETINA	Argentina	Atlanta (AMPATH/SFGP)	45
RENATER2 (GIP RENATER)	GÉANT	France	New York	7,500
REUNA2	REUNA	Chile	Atlanta (AMPATH/SFGP)	45
RNP2	RNP	Brazil	Atlanta (AMPATH/SFGP)	45
SANET	SANET	Slovakia	New York	
SINET	JAIRC - NII	Japan	New York	2,500
SingAREN	SingAREN	Singapore	Sunnyvale	155
SURFnet	Stichting SURF	Netherlands	New York	2 x 10,000 + 622
SWITCH	GÉANT	Switzerland	New York	
TANET2	TANET2	Taiwan	SEATTLE (Pacific Wave/PNWGP)	155
UniNet	UniNet/NECTEC	Thailand	Los Angeles	155
WIDE	JAIRC	Japan	Sunnyvale	33

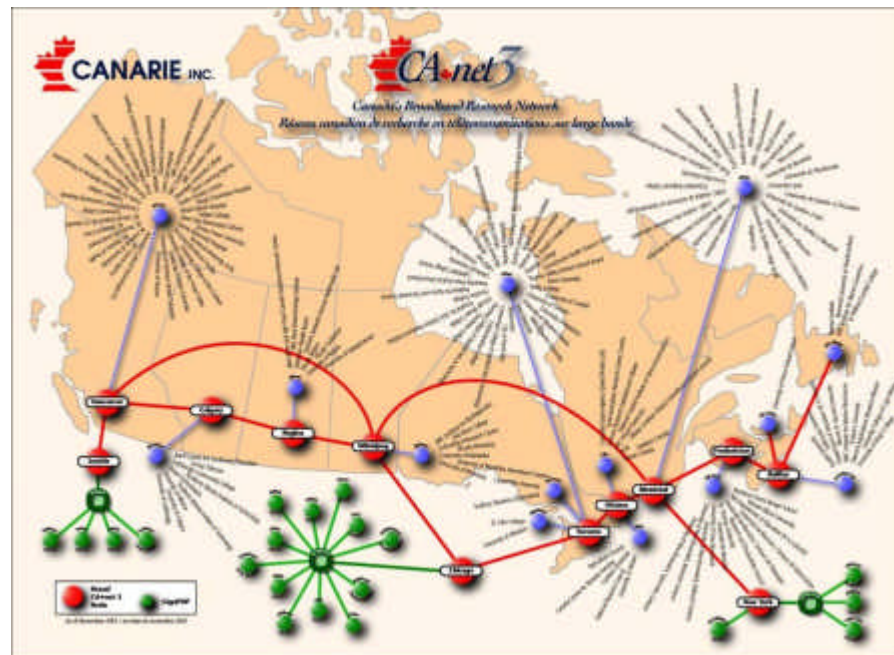
Brasil



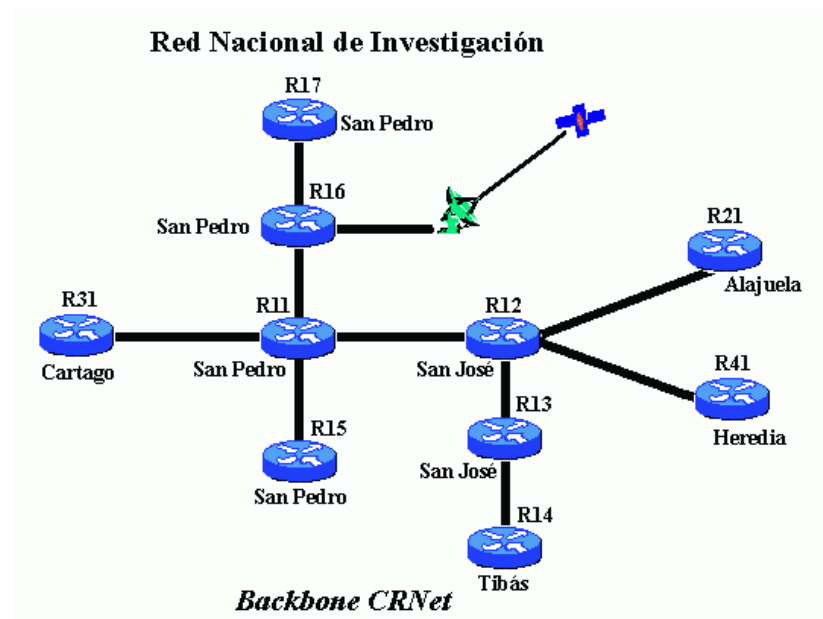
México



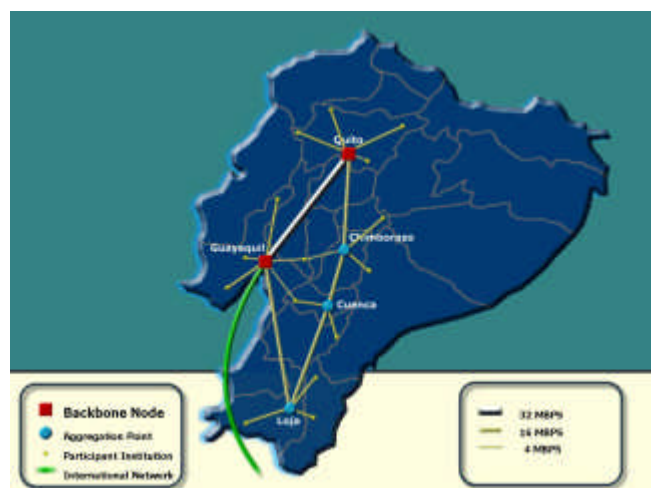
Canadá



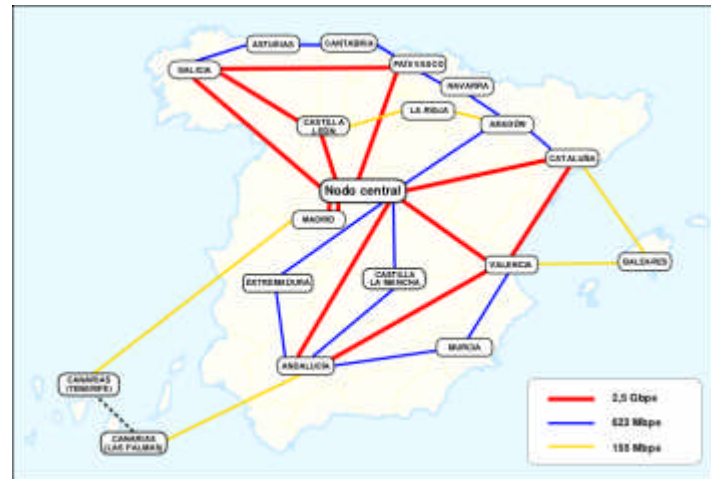
Puerto Rico



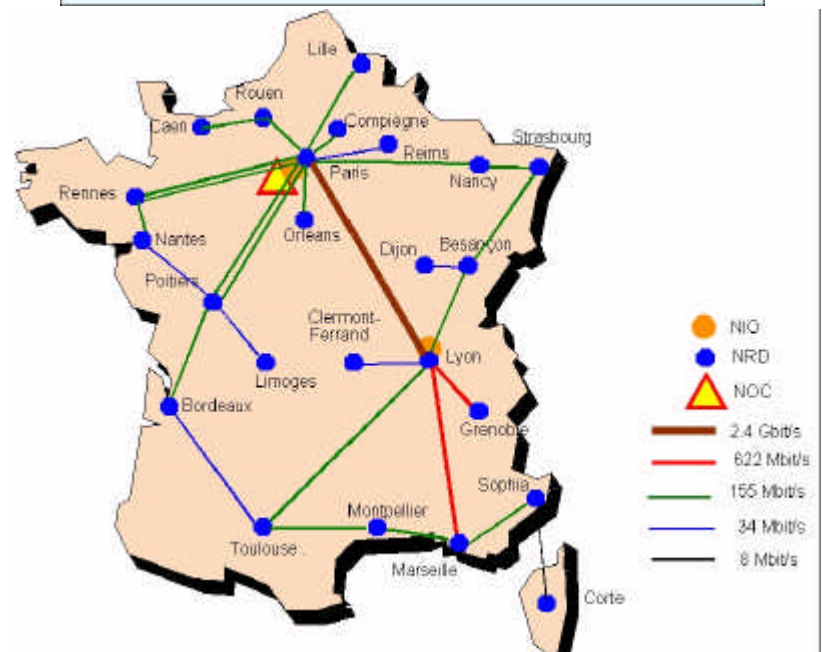
Ecuador



Red-IRIS, España



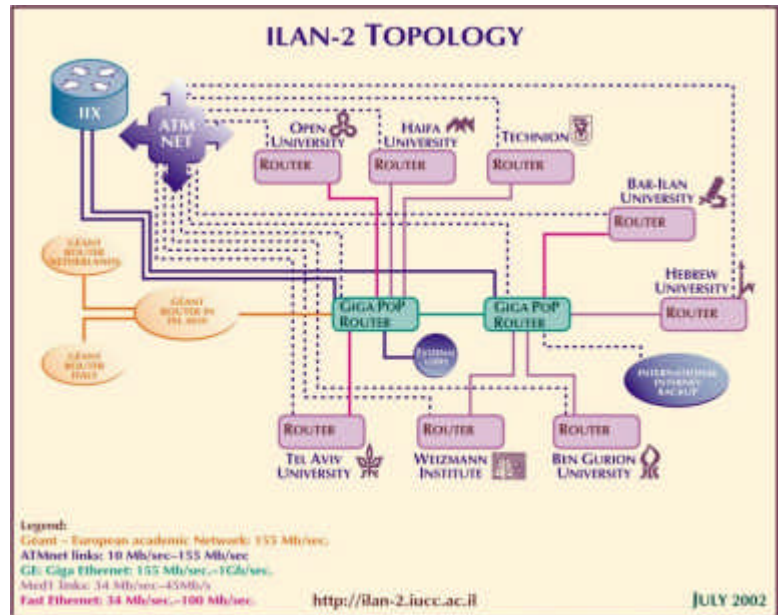
RENATER, Francia



Red APAN



Israel, ILAN-2



Estos son algunos ejemplos de los backbone de cada país, todos tienen en común la red Abilene de Estados Unidos, pero esta red no es la más grande ni la más veloz, la red GEANT ha revolucionado la manera de que la gente se comunique ahora veremos la red GEANT de la Unión Europea.

5.3.1.1- GEANT¹³

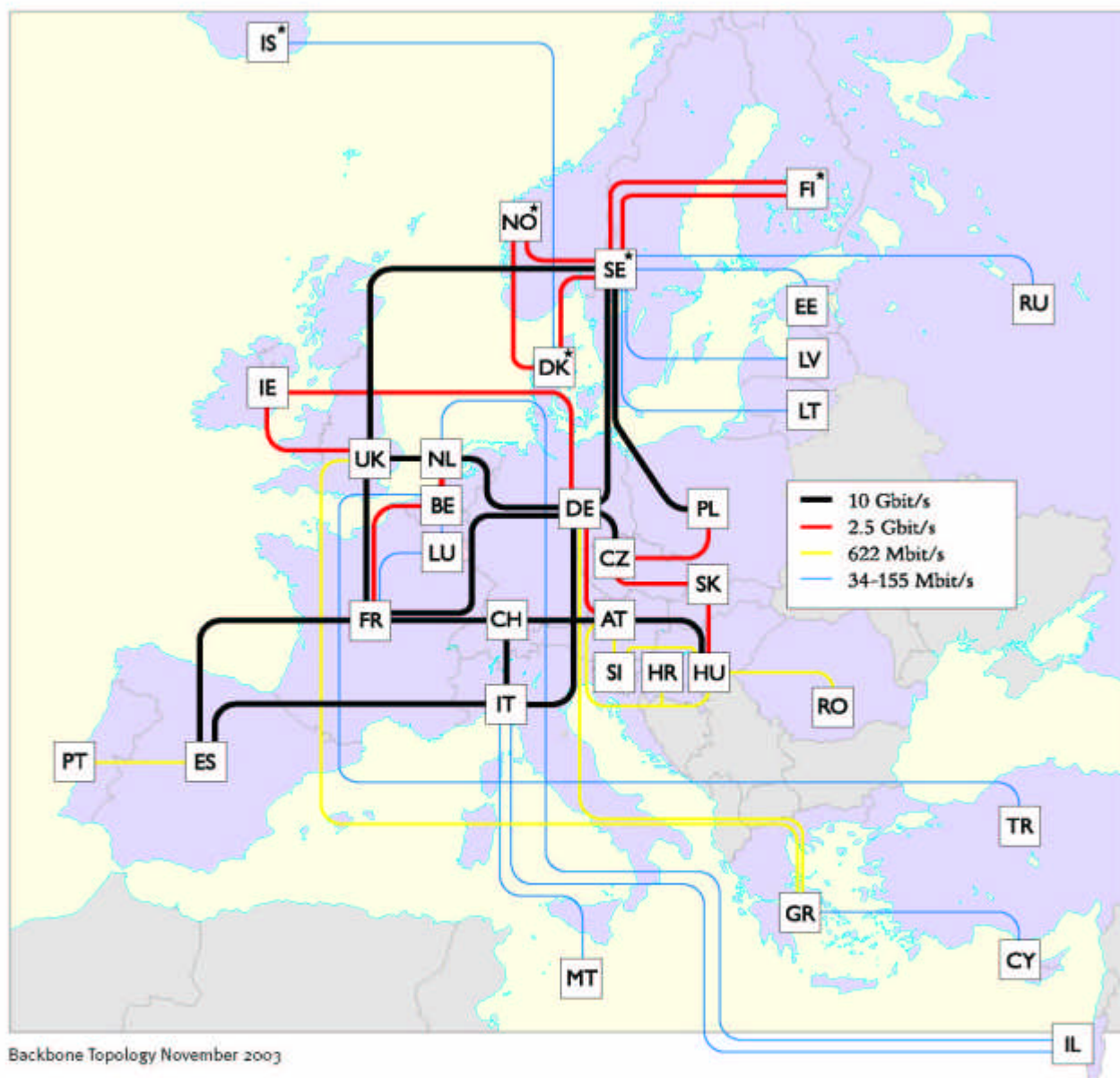
En la Actualidad, GÉANT es el proyecto insignia de DANTE (Delivery of Advanced Network Technology to Europe Ltd). GÉANT entro en vigor con éxito en diciembre 2001. Respalda las actividades de desarrollo de la comunidad investigadora y educativa de Europa, incluyendo el desarrollo de nuevas aplicaciones avanzadas y la explotación de nuevas capacidades de conexión en red.

GÉANT proporciona una red troncal Internacional que conecta mas de 3 500 establecimientos de investigación Internacionales, distribuidos en mas de 30 países Europeos, y proporciona además conexiones con otras comunidades de investigación regionales de todo el mundo. La transición a GÉANT desde la red precedente se realizo sin sobresaltos. Los investigadores que necesitan enviar grandes cantidades de datos han observado una mejora significativa en el rendimiento de la red desde que GÉANT entro en funcionamiento. [GEANT, 03]

¹³ http://www.dante.net/upload/pdf/GEANT_topology_Nov_2003_high_res.pdf

GÉANT: The Multi-Gigabit pan-European Research Network

GÉANT is operated by DANTE, The European Research Networking Organisation



AT Austria	CZ Czech Republic	ES Spain	HR Croatia	IS Iceland*	LV Latvia	PL Poland	SE Sweden*
BE Belgium	DE Germany	FI Finland*	HU Hungary	IT Italy	MT Malta	PT Portugal	SI Slovenia
CH Switzerland	DK Denmark*	FR France	IE Ireland	LT Lithuania	NL Netherlands	RO Romania	SK Slovakia
CY Cyprus	EE Estonia	GR Greece	IL Israel	LU Luxembourg	NO Norway*	RU Russia	TR Turkey
							UK United Kingdom

*Connections between these countries are part of NORDUnet (the Nordic regional network)



GÉANT is co-funded by The European Commission within its 5th R&D Framework programme



GÉANT tiene 4 objetivos:

Brindar un servicio a Velocidades de Gigabits.

La red cuenta con 9 nodos tróncales que operan a velocidad de 10 Gbps, mientras que otros 11 van a 2.5 Gbps. Esto hace que GÉANT se la red mas avanzada en el mundo en términos de velocidad. Tiene una velocidad de casi 100 veces que su predecesora TEN-155, aunque ambas se utilizan, GÉANT no ha desplazado a TEN-155.

Expansión Geográfica

En el pasado, cada generación de redes de investigación Europeas había incluido mas países que su predecesora, GÉANT no es la excepción, en esta nueva red se han conectado países que antes no estaban como: Bulgaria, Estonia, Lituania, Latvia, Rumania y la Republica Eslava.

En total GÉANT interconecto en su primer día de operación más de 3,000 Investigadores en diferentes instituciones en 32 países con 28 redes nacionales y regionales.

Conectividad Global.

La cooperación académica cada ves se convierte en una actividad global, que necesita una interconexión con otras regiones del mundo para estar en constante expansión.

Un elemento muy importante en GÉANT es el desarrollo de conexiones con redes de investigación en todo el mundo. Algunas conexiones que ya están consolidadas son; Norte América (Abilene, CA*net), Asia-Pacífico (SINET, KOREN, SingAREN), Latinoamérica (ALICE), Región del Mediterráneo (EUMEDCONNECT).

Garantizar una Calidad de Servicio (QoS).

Garantizar una Calidad de Servicio es vital para el buen funcionamiento de nuevas aplicaciones, así como la creación de Redes Virtuales Privadas (VPN) para darle soporte a los proyectos en un grupo de investigadores. [12, 00]

GÉANT cuenta con las nuevas tecnologías IP, que han sido totalmente exitosas dando una conectividad sin precedentes, esta tecnología IP es un estándar mundial que permite la comunicación entre millones de ordenadores, su mayor debilidad es que hasta ahora, IP no ofrecía ninguna garantía de calidad de servicio a los usuarios. Con la llegada de la nueva versión de IP (IPv6), se ha logrado crear una calidad de servicio que necesitan las aplicaciones.

5.4- IPv6¹⁴

Hemos visto que 2 de las diferencias más notables entre Internet e I2 es el Direccionamiento (IP) y la Calidad de Servicio (QoS), pues en base a esto centraremos la atención en estos dos puntos que son de especial relevancia.

Durante 1992, la IETF detectó la escasez de direcciones de IPv4 en el mundo y de los obstáculos técnicos que se encontraban cada vez más en el desarrollo de nuevos protocolos. Debido a las limitaciones impuestas por IPv4, para el invierno de 1992 la comunidad de Internet había desarrollado cuatro propuestas separadas para el IPng, entre éstas fueron: "CNAT", "IP Encaps", "Nimrod" y "Simple CLNP". Los esfuerzos de IPng comenzaron a resolver estas desventajas. La discusión se encuentra documentada en una inmensa cantidad de RFCs., comenzando por el RFC 1550 (IP: Next Generation (IPng) White Paper Solicitation).

IPng, fue recomendado por el Área de Directores de la IETF en la junta de la IETF en Toronto, el 25 de Julio de 1994, y documentada en el RFC 1752, "The Recommendation for the IP Next Generation Protocol". Después de una larga cantidad de discusiones, en 1995, IPv6 (versión seis de IP) fue seleccionada como la propuesta final del IPng. IPv6, basa sus especificaciones en [Deering, 98].

Especificaciones.

Los cambios en IPv6 contra IPv4 se pueden clasificar en 6 categorías.

- Direcciones más grandes. Este es el cambio más notorio de IPv6, se cuadruplica el tamaño de 32 bits a 128 bits. Para darnos una idea de lo grande que es este nuevo sistema de direccionamiento basta con darle una mirada a los siguientes datos:

IPv4 32 Bits	$4,294,967,296 \sim 10^9$
IPv6 128 Bits	$340,282,366,920,938,463,374,607,431,768,211,456 \approx 10^{38}$
Estrellas en una Galaxia	$\approx 10^{11}$
Arena de todas las playas del mundo	$\approx 10^{20}$
Átomos de todos los seres vivos de la tierra	$\approx 10^{41}$
Núcleos atómicos en el sol	$\approx 10^{57}$
Electrones, protones y neutrones en el Universo	$\approx 10^{80}$

- Jerarquías de direccionamiento extendidas. IPv6 al usar un espacio de direccionamiento más amplio, permite crear niveles adicionales de direccionamiento.

¹⁴ Este apartado está basado en: [6WIND, 02], [Almes, 02], [Carmona, 02], [Durand, 00], [Fritsche, 01], [IPv6, 00], [Lawton, 01], [Lazo, 02], [Metz, 03], [Microsoft, 02].

- Formato de encabezado flexible. IPv6 usa un formato nuevo y complemente incompatible con el anterior con encabezados opcionales en su formato estándar.
- Opciones mejoradas. IPv6 permite incluir en el datagrama información de control. Se incluyen facilidades que IPv4 no proveía.
- Se proveen extensiones del protocolo. Esto permite que la IETF a medida que vayan saliendo nuevas especificaciones de un protocolo o hardware, se hagan los cambios necesarios para el mejor manejo de la información a nivel de la capa de red.
- Soporte para auto configuración. Provee capacidad a redes privadas para que se asignen ellas mismas direcciones y se comiencen a comunicar sin depender de un enrutador o configuración manual.
- Soporte para asignación de recursos. Al proveer abstracción de flujo y servicios diferenciados, los recursos en la red pueden ser asignados en la red de acuerdo a necesidades específicas (QoS)

Transición de IPv4 a IPv6.

Hasta ahora parecen todas ventajas pero el problema que se va a presentar es la MIGRACION de todo lo que hay configurado ya: servidores de DNS, protocolos de encaminamiento, etc.

Lo que más problemático puede resultar es la migración de las aplicaciones porque es necesario adaptarlas para que puedan continuar funcionando (por ejemplo el cambio de la dirección de interfaz de usuario). La ventaja para poder llevar a cabo esta migración es el procedimiento de COMPATIBILIDAD de direcciones IPv6 con direcciones IPv4 con un formato mixto que facilita el entendimiento entre máquinas con distintos protocolos (formato que veremos después).

Para la migración, lo más adecuado es el paso de uno a otro estado de un modo gradual. La arquitectura recomendable deberá estar basada en nodos que soporten a la vez ambos protocolos y que las zonas de IPv6 que se conecten a través de túneles sobre la actual infraestructura de IPv4.

Esquema de Direccionamiento.

En IPv6 existen tres tipos de direcciones principalmente:

- UNICAST (identifica a una sola máquina o interfaz).
- MULTICAST (identifica a un grupo de máquinas o grupo de interfaces. El paquete se envía a todos los miembros de un grupo).
- ANYCAST (también identifica a un grupo de máquinas, pero se diferencia en el proceso de transmisión; en vez de enviar el paquete a todos los miembros del grupo, se envía solo al miembro del grupo mas cercano).

Unicast.

La dirección IPv6 esta formada por 128 bits y se representa con 8 grupos de 16 bits representados con notación hexadecimal separados por ":", del tipo

AAAA:BBBB:CCCC:DDDD:EEEE:FFFF:GGGG:HHHH

Si cualquiera de los grupos esta formado únicamente por ceros, pueden sustituirse por un único cero

AAAA:BBBB:CCCC:0000:EEEE:FFFF:GGGG:HHHH
AAAA:BBBB:CCCC:0:EEEE:FFFF:GGGG:HHHH

Si varios grupos consecutivos están formados por ceros, pueden sustituirse por la notación "::" pero solo una única vez en la dirección

AAAA:0000:0000:0000:0000:0000:GGGG:HHHH
AAAA::GGGG:HHHH

AAAA:GGGG:HHHH:0000:0000:0000:0000:0000
AAAA:GGGG:HHHH::

Para facilitar la migración se ha considerado un formato que incluye directamente las direcciones IPv4 en un formato IPv6

0:0:0:0:0:0:130.206.1.1
::130.206.1.1

Las máscaras de red se utilizan del mismo modo que ahora pero lógicamente sus valores han cambiado.

La dirección IPv6 se divide en los siguientes campos:

3	13	8	24	16<	64 bits
FP	TLA ID	RES	NLA ID	SLA ID	Interface ID

- FP Format Prefix; Este campo tiene como valor fijo (001).

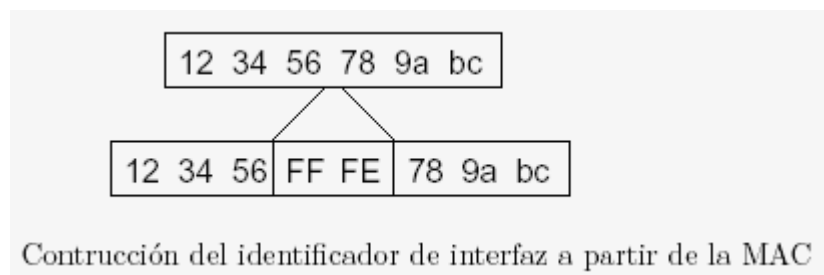
▪ TLA ID Top-Level Aggregation Identifier; Este campo de 13 bits permite direccionar hasta 8.192 TLA ID. La longitud de este campo se ha escogido en base a que la Tabla de routing de los routers más importantes que contiene todas las entradas de Internet este dentro de unos límites adecuados de tamaño. También se intenta evitar que las redes se anuncien varias veces por distintos caminos como pasa con IPv4. La complejidad de Internet va creciendo y se pretende que la Tabla de Routing basada en IPv6 soporte esta complejidad. Si en el futuro se necesitase identificar mas TLA's se podría hacer dando más valores al campo FP o tomando más bits del campo RES.

▪ RES Reserved; Este campo esta reservado en principio para un uso futuro, que sería, tanto poder ampliar la capacidad de identificación de los TLA's como hemos indicado, como aumentar las posibilidades de direccionamiento de los NLA's.

- **NLA ID Next-Level Aggregation Identifier**; Este campo de 24 bits permite direccionar unos 16 millones de NLA's, equivalente más o menos al actual direccionamiento aprovechable de IPv4. Aun así, si fuera necesario direccionar mas se utilizarían bits del campo RES. El formato de la dirección facilita el que puedan conectarse las mismas redes a distintos proveedores o el cambio de uno a otro con solo modificar el valor de los campos citados. Este sería el campo que distingue la asignación a los Centros dependiendo de su importancia.

- **SLA ID Site-Level Aggregation Identifier**; Este campo de 16 bits permite direccionar 65,536 redes por organización, y esta pensado para considerar las redes de los Centros de mayor tamaño. No obstante, si se necesitase direccionar mas redes, se podría solicitar un nuevo NLA.

- **INTERFACE ID Interface Identifier (RFC 2373)**; Este campo de 64 bits esta pensado par poder soportar el formato de direcciones EUI-64 de los interfaces, basado en las direcciones MAC.



Anycast

Una dirección anycast identifica múltiples interfaces. Con una topología de encaminadotes adecuada, los paquetes destinados a una dirección anycast se entregaran a solo una interfaz (La que este mas cerca dentro del grupo de direcciones anycast). Si una dirección multicast define una comunicación uno a varios, una dirección anycast se define como uno a uno entre varios.

Existe una dirección anycast requerida para cada subred, que se denomina dirección anycast del router de la subred, que esta definido en el RFC -2526, su sintaxis es equivalente al prefijo que especifica el enlace correspondiente de la dirección unicast, siendo el indicador de interfaz igual a 0.

La utilidad de una dirección de este tipo es para establecer una comunicación con el servidor mas cercano, y que la red seleccione el que sea mas cercano, también cuando los nodos se tienen que comunicar con un router, lo harán con una dirección de este tipo.

Multicast.

Una dirección de este tipo puede definirse como un identificador para un grupo de nodos, un nodo puede pertenecer a uno o varios grupos multicast.

Las direcciones multicast tienen el siguiente formato:

8	4	4	112 Bits
11111111	000T	Ámbito	Identificador de Grupo

Los primeros 8 bits indican que se trata de una dirección multicast, el bit T indica si es una dirección temporal o permanente.

Los bits ámbito son;

0	Reservado
1	Ámbito Local de Nodo
2	Ámbito Local de Enlace
3	NA
4	NA
5	Ámbito Local de Sitio
6	NA
7	NA
8	Ámbito Local de Organización
9	NA
A	NA
B	NA
C	NA
D	NA
E	Ámbito Global
F	Reservado

El Identificador tipo Grupo, se usa para diferenciar el grupo multicast al que nos referimos, permanente o temporal.

Encabezado de IPv6

4	8	12	16	20	24	32
Versión	Clase de Tráfico	Etiqueta de Flujo				
Longitud de la Carga Util			Siguiente Cabecera		Limite de Saltos	
			Dirección			
			Fuente			
			de 128 bits			
			Dirección			
			Destino			
			de 128 bits			

Versión; Es un campo de 4 bits que designa que el paquete es de IPv6 (0110), todo el software IP debe verificar este campo antes de procesar el datagrama, para ver si el formato coincide con las especificaciones y la versión esperada.

Clase de tráfico; Este es un campo de 8 bits donde se puede dar especificar un identificador de diferenciación de tráfico. Actualmente varios grupos de la IETF están trabajando en la forma que mejor se pueda usar este campo. Uno de estos es DiffServ, el cual esta clasificando el trafico mas importante asignándole mayor prioridad. Similar al los bits de precedencia de IPv4.

Etiqueta de flujo; Este campo de 20 bits es usado cuando se necesita un manejo especial de un paquete. Este contiene información que los enrutadores usan para asociar ciertos datagramas con un flujo y prioridad especifica. Por ejemplo se quiere establecer una videoconferencia, por lo tanto se fija un flujo que garantice un retardo mínimo entre el audio y el video. También un ISP podría contratar con sus clientes un flujo de datos especifico, o distribuido de acuerdo a servicios o sitios que visita (QoS).

Longitud de la carga útil; Es un entero de 16 bits usado para designar la longitud de la carga útil del datagrama IP (información), sin el encabezado base, la cual esta dada en octetos. Esto da 2^{16} posibilidades, alrededor de 64000 octetos. Teniendo la posibilidad de transmitir paquetes tan grandes, en ciertas circunstancias puede significar un gran aumento en eficiencia. Cuando los paquetes son grandes, el numero de paquetes necesarios para enviar cierta información es menor, y cuando hay menos paquetes para enrutar, entonces el enrutador tiene mas tiempo para enrutar otros paquetes, o realizar otras tareas (manejo de cache, mantenimiento de tablas, etc).

Próximo encabezado; Este campo es designado para que los enrutadores sepan si hay mas encabezados consecuentes que deben ser analizados en el datagrama. Este campo de 8 bits permite 255 posibilidades, de las cuales actualmente se tienen definidas unas cuantas.

1. Hop-by-hop Header -Son las propiedades que cada nodo por el que pase un paquete debe analizar.

2. Destination Options Header I -Son las opciones que el destino tiene para el manejo del paquete, este con el uso del encabezado hop by hop, puede denotar que el destino es el siguiente router.

3. Routing Header -Define una lista de nodos intermedios por el cual un paquete debe pasar para llegar a su destino.

4. Fragment Header -Es usado por el origen para enviar paquetes que son mas grandes que el MTU definido. Contrariamente a IPv4, IPv6 no permite fragmentar un paquete durante el transito. Para esto descubre en la ruta por medio de ICMPv6 y el Hop-by-hop header el MTU mínimo de la ruta. Entonces este encabezado se usa cuando se requiere mandar un paquete mas grande que el MTU descubierto.

5. Authentication Header -Permite garantizar que un paquete si pertenece al origen.

6. Encrypted Security Payload Header -Ahora que se puede garantizar que un paquete pertenece al origen, se debe garantizar que la carga útil pueda ser leida solo por el host destino. El encabezado de autenticación y este proveen lo que se conoce como IPsec.

7. Destination Options Header II -A diferencia del encabezado de destino I, este solo posee opciones para el destino, como las opciones de seguridad se encuentran antes, estas opciones se consideran seguras de extremo a extremo.

Limite de saltos; Cumple una funcionalidad similar al TTL en IPv4. Especifica el número de saltos que un paquete, a nivel de la capa de red, puede tener. Un límite de estos es de mucha importancia para que no se den ciclos infinitos cuando haya problemas de enrutamiento. Al igual que en IPv4 este campo es de 8 bits y es inicializado en 255, disminuyéndose en 1 cuando pasa por un enrutador.

Dirección origen; Es la dirección de la máquina que origina el paquete.

Dirección destino; A diferencia de IPv4, esta no es necesariamente la dirección del destino, puede ser una dirección intermedia al destino, de acuerdo a los encabezados extendidos que se use (NEXT HEADER)

6- Situación Actual; Aplicaciones de I 2 y de Ipv6

En la actualidad existe numerosos proyectos basados en nuevas tecnologías, entre ellos podemos destacar las siguientes áreas de trabajo:

- Educación a Distancia;

Un maestro puede impartir cátedra por videoconferencia sin incurrir en costos marginales. Permite que una sola planta de maestros pueda impartir cátedra simultáneamente en varios campus.

Ejemplos:

- MBA compartido entre Universidad de Texas y Universidad de las Américas
- Universidad de Hidalgo comparte maestros con Texas A&M
- Doctorado conjunto en telecomunicaciones entre la UNAM y Universidad Politécnica de Madrid
- Peritaje Psicológico. Sesión entre la UAEMex y la UNAM
- Ciencias de Enfermería.- Maestría entre la UDG y la UNAM
- Clonación: una panorámica. Sesión entre la UAL y la UNAM

- Bibliotecas Digitales y Acceso a Bases de Datos Remotas;

La red Internet 2 permite un aprovechamiento compartido eficaz de acervos de información de datos, textos, audio y video. Un tema medular es el acceso a publicaciones periódicas, que es indispensable para elevar la capacidad de investigación dentro de la comunidad universitaria, con excepción de las instituciones educativas más grandes del país, las universidades no cuentan con acervos de publicaciones periódicas. Aún en las mayores bibliotecas, estos acervos en muchos casos no se encuentran completos

- Telemedicina

Educación Médica Continua (profesiones de la salud), (cursos en línea de capacitación laboral, actualización, diplomados, maestrías, y otros), asignaturas optativas y complementarias a planes y programas de estudio de nuestras

carreras, conferencias punto a punto, multipunto, con diversas aplicaciones como cursos, charlas, revistas o discusión de casos relevantes, entre otros.

- Visualización;

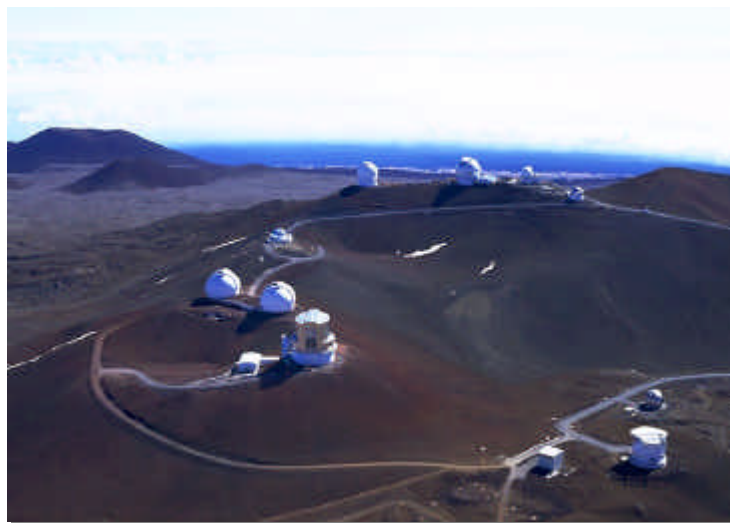
La aplicación sin duda mas notable es la teleinmersión, para la cual se necesita una calidad de servio elevada al igual que una velocidad de transmisión de datos mayor a los 100 Mbps, de ahí el uso de I2 para este tipo de aplicación.

- Arte;

Desde casa tomar lecciones de violín con un instructor desde Viena, apreciar una opera desde Roma, o asistir virtualmente a una exposición en el L´uvre, hoy ya es posible gracias a las aplicaciones como videoconferencia, teleinmersión y transmisión de datos a gran velocidad.

- Ciencias de la Tierra;

Brindar información de importancia científica y económica de variables ambientales y biológicas de la región. Rápido acceso a la información usando I2, estimar su impacto en nuestra forma de vida. (por ejemplo huracanes), Interacción de actividades humanas relacionadas con el deterioro del ambiente marino y costero. Cambios climáticos y la asociación con el fenómeno del niño. Desarrollo de software distribuido y "Grids".



- Súpercomputo Compartido;

Computadoras conectadas que actúan simultáneamente en una sola aplicación como ejemplo tenemos; Cluster Illinois at Urbana Champaign, DOE, Caltech, SDSC: 13.6 trillones de operaciones por segundo

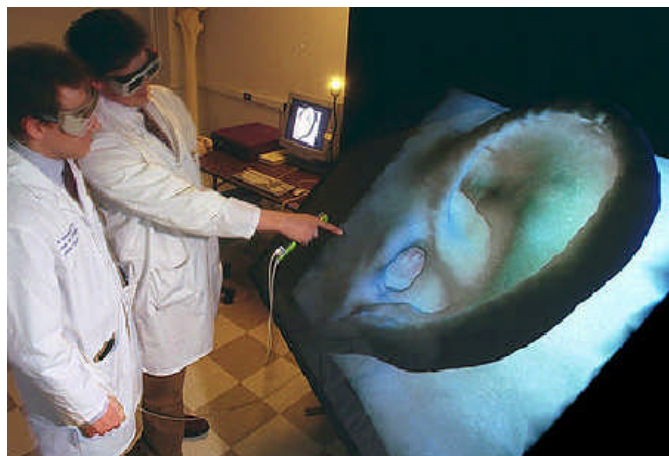
- Robótica;

El uso de robots en tareas de Teleoperación será cada vez mas difundido, debido a las posibilidades que brinda, desde interactuar con un robot, hasta telecirugías, todo esto gracias a la velocidad y calidad de servicio de I2.

Dentro de los proyectos mas destacados en el mundo podemos encontrar los siguientes:



Esta figura pertenece al TELEVATOR [Hanss, 01], es una excavadora teleoperada desde I2, se usa para trabajar en lugares donde el hombre no puede llegar, así como en ambientes peligrosos. Utiliza la estereovisión como componente de realimentación.



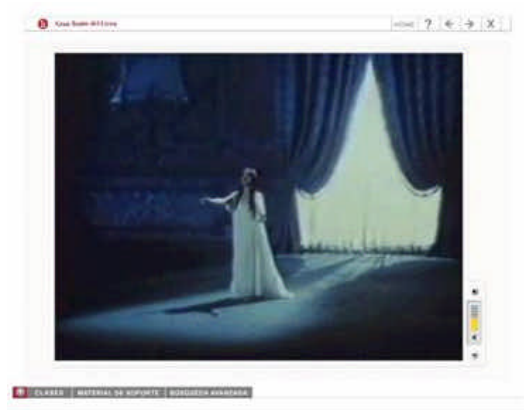
Dos médicos comparten sus conocimientos apoyados de teleinmersión, este es un proyecto de MediaCat, usado en el hospital Vall de Hebron en Barcelona España.

El proyecto MediaCAT, es la plataforma horizontal de servicios de vídeo y videoconferencia de i2CAT, que da soporte a todos los clusters. En servicios de vídeo, nuestro objetivo se centra en transportar los flujos de vídeo con las calidades que actualmente existen y que son factibles de poder ser transmitidos, desde codificaciones por redes de baja velocidad, como los formatos de Windows Media, Helix, Darwin, MPEG-1, MPEG-4, cerca del megabit por segundo, MPEG-2, cerca de 10 Mbps, DV a 25 Mbps, SDI a 270 Mbps (PAL sin comprimir) hasta HDSDI a 1,5 Gbps; cada uno con su problemática.

Òpera Oberta;

Este proyecto estuvo impulsado por el Gran Teatro del Liceo y se desarrolló en el marco del proyecto i2CAT con los siguientes objetivos:

- Realizar la retransmisión de una ópera en directo, con una señal de alta calidad por red de datos, en una sala con las mejores condiciones técnicas y ambientales posibles.
- Sobrepasar las limitaciones físicas del propio teatro, para transmitir su mensaje cultural a cada vez más ciudadanos.



El proyecto Òpera culminó con la transmisión en directo de La Traviata el día 18 de diciembre en Cinesa Diagonal (única sala de Barcelona equipada con tecnología de alta definición) y en cuatro centros universitarios.

En Òpera Oberta se utilizaron dos tecnologías diferentes para abordar un mismo reto: la transmisión de un espectáculo en directo a lugares remotos, ofreciendo la máxima calidad de imagen y sonido posibles. La selección de dos tecnologías viene determinada por los condicionantes de las infraestructuras necesarias:

- Alta definición: Proyección en vivo de una ópera desde el Liceo al cine Cinesa Diagonal transmitiendo imágenes de alta definición sin comprimir (1,5 Gbps) sobre fibra óptica (HDSDI 1920x1080@50i). Este formato fue necesario para llenar los 50 metros cuadrados de pantalla de la sala con la calidad deseada.
- Alta calidad: Este entorno permitió la transmisión simultánea a alta velocidad entre el Liceo y varias universidades catalanas (UdG, UdL, UPC) y el Cine Club Cataluña (Terrassa) equipados con salas que disponen de recursos multimedia avanzados:
- Transmisión sobre la red i2CAT utilizando multicast sobre IP.
- Compresión MPEG II a 10 Mbps, calidad superior a DVD.

Interacción Multilateral vía Internet II con Robots Cooperativos [Parra, 03].

Este es un proyecto que actualmente se desarrolla en Mexico, los responsables del proyecto son; Dr. Vicente Parra, Dr. Francisco Ruiz del CINVESTAV, cuyo objetivo es: *Realizar tareas cooperativas de contacto con un sistema de robots manipuladores teleoperados desde dos estaciones remotas, vía Internet 2*, dos robots cooperan para hacer una tarea que es escribir en una

pizarra, desde un lugar remoto se controla con un dispositivo Haptico de 3 GDL a uno de los robots, y desde otro lugar al robot con la pizarra por medio de un Joystic, se utiliza como control por retroalimentación de fuerza par acontrolar a los robots.

Utilizan I2 por las características técnicas que ofrece, gran ancho de banda, calidad de servicio, red dedicada.

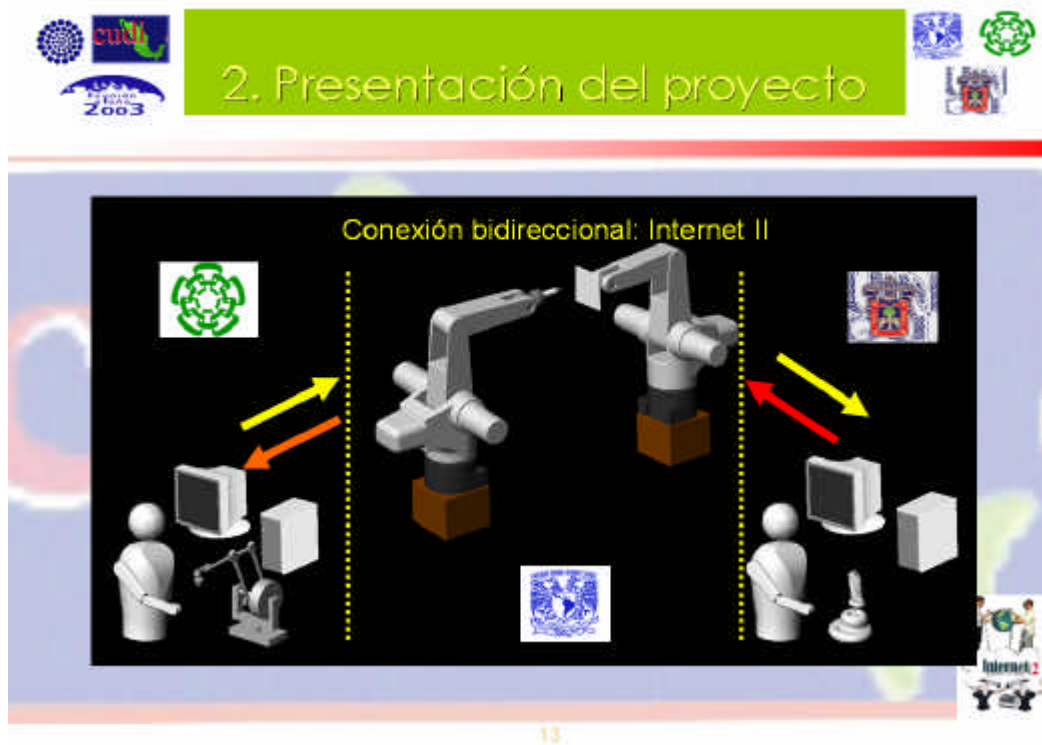


Imagen del Proyecto Interacción Multilateral vía Internet II con Robots Cooperativos [Parra, 03].

BRAIN (Broadband Radio Access for IP based Networks) [EU, 02].

Objetivo; Proveer I2 inalámbrico con velocidades de hasta 200Mbps, para contribuir con la evolución de los dispositivos inalámbricos.

Participantes; Nokia Corporation, France Telecom CNET, INRIA, NTT Mobile Communications Network, Inc., Siemens AG, Sony International (Europe) GmbH, T-Nova Deutsche Telekom Innovationsgesellschaft GmbH, Agora Systems S.A., Ericsson Radio Systems AB, British Telecommunications PLC, King's College London.

DRiVE (Dynamic Radio for IP-Services in Vehicular Environments) [EU, 02]

El objetivo principal de este proyecto es dotar de recursos inalámbricos en cualquier medio, ya sea en tren, en el automóvil, y lo mejor, a bajos costos, utilizando las mejoras de I2.

Participantes; Ericsson Eurolab Deutschland, Ericsson Mobile Data Design, BBC, Bertelsmann Bosch, RWTH-Aachen, DaimlerChrysler, Heinrich-Hertz Institut Berlin, Nokia, University of Bonn, Tecs, Teracom, VCON, Vodafone.

LONG (Laboratories over Next Generation Networks) [EU, 02]

Proporciona herramientas de ultima generación en la manipulación a distancia de ordenadores así como transmisión de audio y video para el aprendizaje, LONG se basa en las características de IPv6 para lograr sus objetivos, que son dotar de laboratorios virtuales compartidos entre universidades. Participantes; Telefonica Investigación y Desarrollo S.A., Ericsson Telebit A/S DK, Portugal Telecom Inovação, Universidad Carlos III de Madrid, Universidad Politécnica de Madrid, Universitat Politècnica De Catalunya, Universidade de Evora.

SEQUIN (Service Quality across Independently managed Networks) [EU, 02]

En este proyecto se trata de suministrar Calidad de Servicio Punto a Punto, para asegurar que la comunidad científica europea tenga acceso a tecnologías de inmersión y videoconferencias optimas para el desarrollo de los nuevos proyectos. Participantes; Delivery of Advanced Network Technology (DANTE), Groupe D'intérêt Public Réseau National de Télécommunications pour la Technologie, l'enseignement et la Recherche, INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, SWITCH-Teleinformatikdienste Fuer Lehre Und Forschung, The JNT Association UK, Verein Zur Förderung eines Deutschen.

6.1- Internet 2 en Cataluña [2].



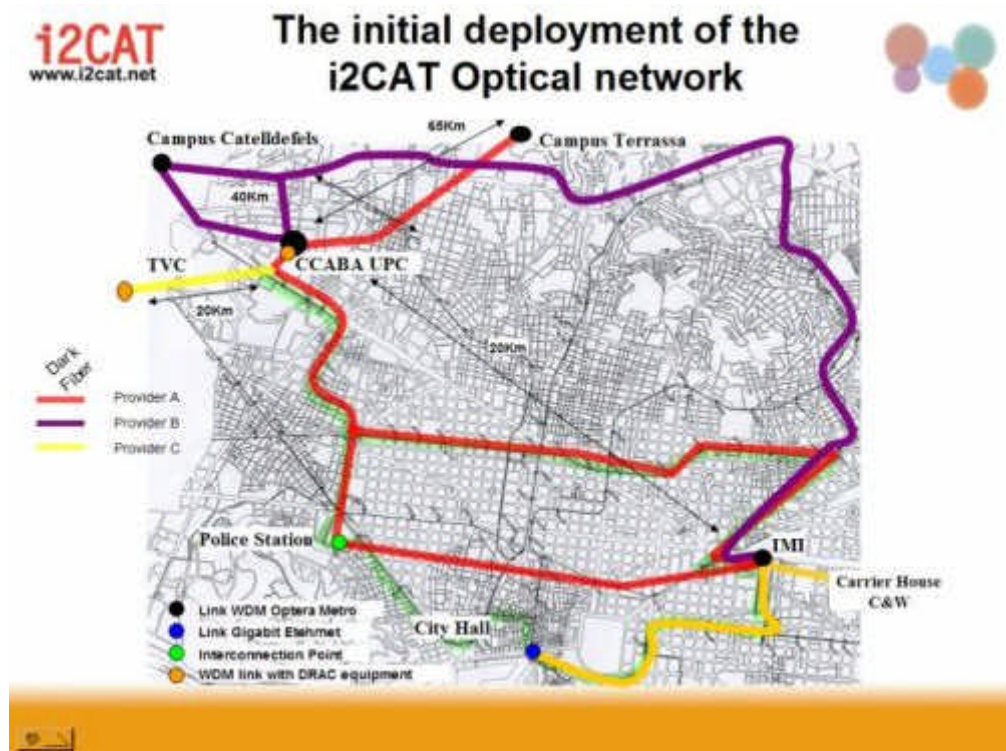
i2CAT es, esencialmente, un programa de investigación estratégica para que Cataluña lidere la segunda generación de Internet en España y se convierta en un país de vanguardia en Europa y en el mundo en esta nueva Internet. En concreto, se trata de un liderazgo no sólo en el campo de las tecnologías de red, sino también de los contenidos audiovisuales y los nuevos servicios avanzados.

¿Cómo funciona i2CAT? A partir de un proyecto de investigación basado en la colaboración entre el mundo académico, el sector público y el mundo privado. Su único secreto reside en el pacto en torno a una voluntad de innovación en el campo digital. Constituye el primer paso de un posible modelo catalán de sociedad de la información que aprovecha nuestra antigua cultura del pacto y la actualiza en la era digital, para aplicarla a un campo que todos sabemos que es crítico: la investigación avanzada en nuevas tecnologías.

El proyecto i2CAT actúa en dos líneas de trabajo básicas:

- a) La Plataforma
- b) Los Clusters

La Plataforma incluye aquellos proyectos avanzados, normalmente dirigidos por las universidades (en este momento la UPC y la UPF), que dan lugar a lo que serían servicios experimentales genéricos. Por su parte, los Clusters son los mecanismos que permiten poner en contacto la investigación académica con la investigación empresarial, agrupando al sector en cuestión y facilitando la colaboración en proyectos colaborativos. Por el momento hemos creado cuatro: tecnologías de red, digital media, biomédico y enseñanza.



Esta es una imagen del anillo óptico de i2CAT¹⁵

Dentro de los proyectos en Cataluña podemos encontrar [Alcober, 02]:

MegaConference, Esta es una de las primeras tecnologías provadas sobre I2, comenzo con un FORUM de desarrolladores de la UCAID encargada de I2, mas de 150 centros en todo el mundo fueron testigos de esta megaconferencia, i2CAT fue el unico participante de España el 3 de Octubre del 2001.

MedConference; En base a Megaconference i2CAT lanzo la propuesta de una conferencia en aspectos medicos, la primera tubo lugar en el 2002 transmitida desde el Hospital Clinic de Barcelona en donde los 6 mejores especialistas del mundo participaron.

¹⁵ http://www.i2cat.net/Catching/I2CAT_contingut_68.htm

Portal Dexvio, es un portal audiovisual experimental dirigido a los usuarios residenciales de la Internet del futuro. Este proyecto quiere dar respuesta al aumento de demanda, por parte de estos usuarios, de contenidos de alta calidad y fomentar el surgimiento de nuevas maneras de relacionarse en la red.

En el contexto del proyecto, entendemos que estos usuarios residenciales de la Internet de segunda generación dispondrán de conexión permanente a banda ancha (con capacidades superiores a 2 Mbps), estarán familiarizados con la red y serán muy activos y exigentes (en aspectos relacionados con la calidad y el nivel de interacción). Estos usuarios querrán producir sus propios contenidos y compartirlos en red (como está empezando a suceder con los actuales usuarios de ADSL o cable). Con estas premisas Dexvio trata de ofrecer una experiencia personalizada de acceso a contenidos audiovisuales que permite elegir qué, cuándo, cómo y con quién se visualiza un contenido.

7- Conclusiones y Trabajo Futuro

Desde que comenzó la aventura de Internet hemos visto con que rapidez ha evolucionado hasta convertirse en lo que hoy conocemos, hace tan solo 10 años no podríamos hacer una videoconferencia de un país a otro, hoy la podemos hacer mundial, hoy un científico puede compartir su opinión con colegas en todo el mundo, todo esto gracias a las nuevas tecnologías de I2, ha sido tanta la evolución de Internet con respecto I2 que antes podía haber conectados 4,294,967,296 equipos, hoy puede haber 340,282,366,920,938,463,374,607,431,768,211,456 $\approx 10^{38}$ un número casi inimaginable de equipos en la red.

El desarrollo de nuevas aplicaciones basadas en las oportunidades que brindan redes como GÉANT o Abilene, esta todavía inconcluso, queda mucho por hacer para explotar su potencial.

Como un trabajo a futuro se hará una investigación del estado del arte de la Teleoperación, para después fijar las bases de un trabajo en donde se unan los dos campos, I2 y Teleoperación.

8- Referencias

- [6WIND, 02] **6WIND White Paper: Ipv6 – Answers to your Questions**, 6 August 2002.
- [Albitz, 02] Albitz P., Liu C., **DNS and Bind**, 4th Edition, 2002.
- [Alcober, 02] Alcocer J, Martin R., Serra A., Internet2 en Cataluña: la Internet del vídeo, i2CAT 2002.
- [Almes, 02] Almes G, **Internet2, Ipv6 Update**, Terena Networking Conference 2002, Limerick, Ireland.

- [AppL,04] <http://elqui.dcsc.utfsm.cl/apuntes/redes/2001/pdf/5-Aplicacion-Seguridad-DNS-SNMP-Email-WWW-Mapas.pdf>, 13,01,04
- [Barbera, 98] Barbera J., **Retazos de una década prodigiosa**. "Boletín de Red IRIS", 44, 1998, pp. 21-24.
- [Barry, 97] Barry M., Vinton G., David D., Robert E., Kleinrock L., **Una breve historia de Internet**, Asociación de Técnicos en Informática, 1997.
- [Birman, 02] *Birman, K.*, **The league of SuperNets**, Page(s): 93- 97.
- [Boyles, 99] Boyles, H., **The USA Model: Internet2™**, JISC / UKERNA, Networking Strategy Workshop, 7-8 December 1999.
- [Carmona, 02] Carmona P., Ulloa R., **Ipv6, Configuración y Desarrollo**, Universidad Politécnica de Madrid, 24 de julio de 2002.
- [Casasus, 03] Casasús C., **Jornadas Técnicas 2003 Red Iris**, Palma de Mallorca.
- [CUDI, 03] **Arquitectura y aplicaciones de la red de Internet 2. Estado actual en México**, CUDI, Octubre 2003.
- [CUDI2, 03] CUDI, **Developing Internet2 Communities in the U.S. and Mexico**, University of California, Research Seminar Series, winter 2003, January 8.
- [CUDI, 04] CUDI, **Internet2**, International I2 Conference, 26 January 2004.
- [Dailey,01] Dailey, L, **Internet2 Upgrades Backbone**, IEEE Internet Computing, December 2001, Pag, 27.
- [DARPA, 81] Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA), **Internet Protocol**, Protocol Specification, September 1981.
- [DARPA2, 81] Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA), **Transmition Control Protocol**, Protocol Specification, September 1981.
- [Deering, 98] Deering S., Hinden R., **Rfc- 2460, Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification**, Network Working Group, December 1998.
- [Doval, 03] *Doval, D.; O'Mahony, D.*, **Overlay networks: A scalable alternative for P2P**, IEEE Internet Computing, July-August 2003, Page(s): 79- 82.
- [Durand, 00] *Durand, A.*, **Deploying Ipv6** Page(s): 79-81
- [EU, 02] **European Union; List of Ipv6 Projects**. Siemens AG, Ericsson Eurolab Deutschland, T-Nova Deutsche Telekom, Space Division-Network Engineering Unit, CSELT, Ericsson

- Telebit Denmark, University College London, Telefonica Investigacion y Desarrollo Spain, Technology to Europe UK, Technical Research Centre of Finland, Siemens Aktiengesellschaft, Centre National de la Recherche, Solinet GmbH Telecommunications, Alcatel Space Industries.
- [Euro, 02] Euro-Mediterranean Information Society, **The EUMEDCONNECT Initiative**, DANTE, Red IRIS, RENATER, GARR, GRNET, November 2002.
- [Frieden, 01] Frieden, R, **Internet-driven telecommunications [New Books]**, IEEE Internet Computing, November 2001, Page(s): 127-127
- [Fritsche, 01] Fritsche W., Heissenhuber F., **White Paper; Mobile Ipv6**, Ipv6 Forum, IABG mbH, 2001
- [Futey, 03] Futey D, **Status of the Internet2 p2p Working Group and Present Activities**, Stanford University , January 24, 2003.
- [GEANT, 03] **GÉANT and the next-generation Internet, Ipv6**. Multi-Gigabit pan-European Research Network, www.geant.net
- [Goodman, 00] *Goodman, D.J.*, **The wireless Internet: promises and challenges**, IEEE Internet Computing, July 2000, Page(s): 36-41.
- [Haberman, 00] Haberman, B., Tsirtsis, G., **Home Networking with Ipv6**, Ipv6 Forum, 2000 Spring.
- [Hanss, 01] Hanss T., **Internet2 Applications**, UCAID, London – 5 September 2001, <http://apps.internet2.edu/talks>
- [Hinden, 03] Hinden R., Deering S., **RFC 3513 – Internet Protocol Version 6 (Ipv6) Addressing Architecture**, Request For Coments, April 2003.
- [Hundt, 03] Hundt, R. **The Internet: from here to ubiquity**, University of North Carolina at Wilmington, Internet Watch, December 2003. Page(s): 122-124.
- [Hunt, 02] Hunt C., **TCP/IP Network Administration**, Third Edition, 2002.
- [I2,00] **Internet2 QoS Past, Present, and Future, First Joint Internet2 / QoS Workshop**, February 9-10, 2000, Houston, Texas.
- [I2,01] **Internet2 Measurement Working Group Meeting**, UCAID, 30 January 2001.

-
- [Ipv6, 00] Ipv6 Forum, **Tutorial de Ipv6**, Universidad Nacional Autónoma de México, 12 de diciembre 2000.
- [IUCC, 00] **The Israel Internet-2 Network, Press Brochure**, The Israeli Inter University Computation Center (IUCC), www.internet-2.org.il
- [Jameel, 02] *Jameel, A.; Stuempfle, M.; Jiang, D.; Fuchs, A.*, **Web on wheels: toward Internet-enabled cars** Page(s): 69-76.
- [Klensin, 03] Klensin J., **RFC-3467 Role of the Domain Name System (DNS)**, Network Working Group, Feb. 2003.
- [Krol, 93] Krol E., Hoffman E., **RFC 1462 – FYI on “What is the Internet?”**. Request For Comments, May 1993.
- [Lawton, 01] *Lawton, G* **Browsing the mobile Internet**. *IEEE Internet Computing*, Volume: 34, Issue: 12, Year: Dec 2001, Page(s): 18-21.
- [Lawton, 01] *Lawton, G*, **Is Ipv6 finally gaining ground?**, *IEEE Internet Computing*, Volume: 34, Issue: 8, Year: Aug 2001, Page(s): 11-15.
- [Lazo, 02] Lazo C., Fernández A., **Ipv6, El Protocolo Para la Nueva Internet**, 2º Encuentro Internacional Ciencia, Cultura y Educación sobre Internet2, 10 de abril de 2002, Universidad Austral de Chile.
- [López, 98] Lopez Ramón., **¡10 años! ¿Sólo 10 años?**. “Boletín Red IRIS”, 44, 1998.
- [Mackay, 03] *Mackay, M.; Edwards, C.; Dunmore, M.; Chown, T.; Carvalho, G.*, **A scenario-based review of Ipv6 transition tools**, *IEEE Internet Computing*, May – June 2003, Page(s): 27- 35.
- [Memo, 03] **Memorando de Entendimiento entre RedIRIS y la Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet, A.C. (CUDI). Para colaborar conjuntamente en el desarrollo de tecnologías y aplicaciones de Internet2**, Palma de Mallorca a 7 de Noviembre de 2003.
- [Menasce, 02] *Menasce, D.A.*, **Scalable P2P search** Page(s): 83- 87.
- [Mendoza, 02] Mendoza N., **The Internet2 Mexican Initiative**, 9th Annual International Distance Education Conference, Texas A&M University, January 22-25, 2002.
- [Metcalf, 00] *Metcalf, B.*, **The next-generation Internet** Page(s): 58-59
- [Metz, 03] *Metz, C.*, **Moving toward an Ipv6 future**, *IEEE Internet Computing*, May – June 2003, Page(s): 25- 26.

-
- [Microsoft, 02] *Microsoft Corporation, **Ipv6/Ipv4 Coexistence and Migration**, Published: August 2002.*
- [Microsoft, 03] *Microsoft Corporation, **Updates to Understanding Ipv6**, Published: September 2003.*
- [Paulson, 00] *Paulson, L.D., **Internet2 upgrades backbone** Page(s): 27-27.*
- [Parra, 03] *Parra V., Ruiz F., **Interacci3n Multilateral v3a Internet II con Robots Cooperativos**, Reunion Oto3o 2003, CUDI.*
- [Plzak, 99] *Plzak R., Wells A., Krol E., **Request for Comments (RFC) # 2664**, August 1999, University of Illinois.*
- [Postel, 80] *Postel J., **RFC-768 User Datagram Protocol, Request for Coments**, 28 August 1980.*
- [Postel, 83] *Postel J., Reynolds J., **RFC-854 Telnet Protocol Specification**, May 1983.*
- [Postel, 85] *Postel J., Reynolds J., **RFC-959 File Transfer Protocol**, October 1985.*
- [Rao, 01] *Rao S., **IPv6 Solution for Future Universal Networks**, Lecture Notes in Computer Science, Telscom AG, Bern, Switzerland, 2001.*
- [Sanz, 98] *Sanz M. A. **Fundamentos hist3ricos de la Internet en Europa y en Espa3a**. "Bolet3n de Red IRIS", 45, 1998, pp. 22-36*
- [Sterling, 93] *Sterling B., **A Brief History of Internet**, Fantasy and Science Fiction, 1993.*
- [Stone, 03] *Stone, A., **Internationalizing the Internet**, IEEE Internet Computing, May – June 2003, Page(s): 11- 12.*
- [Teitelbaum 02] *Teitelbaum B., **Internet2 and Network Research**, Columbia University, October 29 , 2002.*
- [UCAIDEE, 01] ***Internet2 End-to-End Performance Initiative Planning Meeting**, UCAID, 9 January 2001.*
- [UCAID, 01] ***Internet2 Network Research Workshop**, UCAID, 19 April 2001.*
- [UCAID, 02] ***Guide to Internet2 Initiatives**, UCAID, 24 January 2002.*
- [UCAID, 04] *UCAID, **University Corporation for Advanced Internet Development, Internet2, International Meeting** ,26 January 2004.*

- [UCAID, 98] **First Internet2 Joint Applications/ Engineering QoS Workshop**, University Corporation for Advanced Internet Development (UCAID), May 21-22, 1998, Santa Clara, CA.
- [Vaughan, 00] *Vaughan-Nichols, S.J., Mobile IPv6 and the future of wireless Internet access* Page(s): 18- 20, 2000.
- [Williamson, 01] *Williamson, C, Internet traffic measurement, IEEE Internet Computing, November – December 2001*, Page(s): 70-74.
- [Wood, 99] Wood G., **Abilene: An Internet2 Backbone Network**, ORAP Workshop, UCAID, 26 October 1999, Paris, France.
- [Zeadally, 03] *Zeadally, S.; Raicu, L., Evaluating IPv6 on Windows and Solaris*, IEEE Internet Computing, May – June 2003, Page(s): 51- 57.
- [1] www.internet2.edu; página principal de I2 en el mundo. 20-01-04
- [2] www.i2cat.net; página de I2 en Cataluña. 20-01-04
- [3] www.dante.net; página de la institución que formo GEANT la red europea. 18-01-04
- [4] www.dante.net/geant; página de la red europea. 18-01-04
- [5] www.cudi.edu.mx; página de la institución que lleva I2 a México. 05-01-04
- [6] www.rediris.es; página que lleva I2 a España. 05-01-04
- [7] www.renater.fr; página de I2 en Francia. 06-01-04
- [8] www.6bone.net; página de aplicaciones y recursos IPv6 en el mundo. 22-01-04
- [9] www.ipv6.org; página principal de IPv6. 20-01-04
- [10] www.ipv6forum.com; página del forum de IPv6. 22-01-04
- [11] www.mty.itesm.mx; página del Instituto de Estudios Superiores del Tecnológico de Monterrey, México. 11-10-03
- Páginas en el mundo con información de IPv6 e I2, visitadas en el periodo de 10-09-03 al 20-10-03, y 04-01-04 al 20-01-04
- [Germany]
- <http://www.ipv6.uni-muenster.de/>
<http://www.join.uni-muenster.de/>
<http://www.ffm6.fgan.de/>
<http://gxsnmp.ipv6.scrum.de/>
<http://www.ipv6.bieringer.de/>
<http://www.feyrer.de/IPv6/>
<http://www.ipv6.ccrle.nec.de>
<http://www.wohnheim-kiel.de/>
- [India]
- <http://ipv6.bits-pilani.ac.in/>
- [Indonesia]
- <http://www.ipv6.web.id/>
<http://ipv6.web.id/>
- [Italy]
- <http://carmen.ipv6.cselt.it:8090/ipv6/>
<http://www6.ipv6.polito.it/>
<http://www.ipv6.gamersrevolt.com/>
<http://www.starkingdom.it/>
- [Japan]
- <http://www.v6.imasy.or.jp/>
<http://www.v6.pds-flab.rwcp.or.jp/>
<http://www.6bone.nec.co.jp/>
<http://www.v6.linux.or.jp/>
<http://www.v6.hitachi.co.jp/>
- [Lithuania]
- <http://ipv6.lnx.lt/>

- [12] www.ati.es, pagina de Asociación de Técnicos en Informática de España. 10-09-03
- [13] www.aui.es; página de asociación de usuarios de Internet en España. 10-09-03
- [14] www.microsoft.com; página de Microsoft Corporation. 10-11-03
- [15] www.faqs.org/rfcs/; página de Preguntas Frecuentes. 20-01-04
- Páginas en el mundo con información de IPv6 e I2, visitadas en el periodo de 10-09-03 al 20-10-03, y 04-01-04 al 20-01-04
- [Argentina]
<http://www2.compendium.com.ar/>
- [Australia]
<http://shag.ipv6.bl.echidna.id.au/>
<http://vortex.ipv6.intercode.com.au/>
- [Belgium]
<http://www.ipv6.euro.net.be/>
<http://bofh.st/ipv6>
- [Brazil]
<http://www.6bone.rnp.br/>
<http://www.6bone.com.br/>
<http://6bone.ipaccess.diveo.net.br/>
- [China]
<http://v6RT.ecn.6test.edu.cn/>
<http://www.ipv6.net.edu.cn>
<http://ngtrans.6test.edu.cn>
- [Denmark]
<http://www.ipv6.uni-c.dk/>
- [France]
<http://ipv6.mairie-meylan.fr/>
<http://ipv6.mft.fr/>
<http://ipv6.mnfct.fr/>
<http://ipv6.ville-echirolles.fr/>
<http://ipv6.ville-st-martin-dheres.fr/>
<http://ipv6.ville-voiron.fr/>
<http://www.ipv6.rennes.enst-bretagne.fr/>
- [México]
<http://www.ipv6.itesm.mx/>
<http://r6d6.ipv6.itesm.mx/>
<http://ipv6.udg.mx/>
- [Netherlands]
<http://www.ipv6.stack.nl/>
<http://www.ipv6.surfnet.nl/>
- [Norway]
<http://www.ipv6.nr.no/>
- [Polonium]
<http://www.ipv6.zsz2.starachowice.pl/>
<http://www.ipv6.pld.org.pl/>
[http://\[3ffe:8010:7:3d::2\]/](http://[3ffe:8010:7:3d::2]/)
- [Portugal]
<http://www.ipv6.ualg.pt/>
<http://www.ip6.dhis.org/>
- [South Africa]
<http://www.6bone.co.za/>
- [Spain]
<http://www.consulintel.es/>
- [Sweden]
<http://www.ipv6.sics.se/>
- [Switzerland]
<http://ipv6.sunny.ch/>
- [Taiwan]
<http://cht-6bone.ipv6.chttl.com.tw/>
- [United Kingdom]
<http://www.cs-ipv6.lancs.ac.uk/>
<http://www.ipv6.ecs.soton.ac.uk/>
<http://www.ipv6.org.uk/>
<http://www.ipv6.hawaga.org.uk:81/>
<http://www.ipv6.dataline.co.uk/>